

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DEN EINFLUSS DER SCHWERKRAFT-
UND MECHANISCHEN BELÜFTUNGEN
IN RINDERSTÄLLEN AUF DAS STALLKLIMA**

Ulrich Steger

1902

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhygiene
der Universität München
Lehrstuhl für Tierhygiene
Vorstand: Prof. Dr. Dr. h. c. J. Kalich

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER
SCHWERKRAFT- UND MECHANISCHEN BELÜFTUNGEN IN RINDERSTÄLLEN
AUF DAS STALLKLIMA

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Ulrich Steger
Nürnberg

München 1982

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan

Referent: Prof. Dr. Dr. h. c. J. Kalich

Korreferent: Prof. Dr. J. Kösters

Tag der Promotion: 26. Februar 1982



Druck: Dissertationsdruck Novotny jr., 8135 Söcking/Starnberg

INHALTSVERZEICHNIS

I. ALLGEMEINE EINLEITUNG

II. VERFAHREN

1. Vorbereitende Arbeiten

a. Bestimmung des Versuchszwecks

b. Zusammenfassung

c. Einleitungssatz

d. Hypothese

e. Methode

f. Ergebnis

g. Schluss

h. Prognose

i. Zusammenfassung

j. Diskussion

k. Fazit und Ausblick

l. Zusammenfassung

III. BEWERTUNG

a. Die Bewertungsskala

b. Bewertungsskala

c. Bewertungsskala

d. Bewertungsskala

e. Die Bewertungsskala

f. Bewertungsskala

g. Bewertungsskala

IV. FOLGERUNGEN

a. Zusammenfassung

b. Zusammenfassung

c. Zusammenfassung

d. Zusammenfassung

e. Zusammenfassung

f. Zusammenfassung

g. Zusammenfassung

h. Zusammenfassung

i. Zusammenfassung

j. Zusammenfassung

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

A. E I N L E I T U N G	1
B. L I T E R A T U R	4
I. STALLBAU	4
1. Baugrund und Bauplatz	4
2. Baumaterial	5
a) Grundmauern	5
b) Stallboden	5
c) Wände	7
d) Decke	10
3. Türen	11
4. Fenster	13
5. Stallgröße	14
6. Lüftung	14
a) Freie Lüftung	15
b) Zwangslüftung	19
II. STALLARTEN	22
1. Der Anbindestall	22
a) Langstand	22
b) Mittellangstand	23
c) Kurzstand	23
2. Der Laufstall	25
a) Geschlossener Laufstall	25
b) Offener Laufstall	26
III. STALLKLIMA	27
1. Physikalische Faktoren	29
a) Temperatur	29
b) Feuchte	34
c) Abkühlungsgröße und Luftbewegung	38
d) Licht	42
2. Chemische Faktoren	44
a) Kohlendioxidgehalt	44
b) Gehalt an Fremdgasen	46
3. Biologischer Faktor	47
Gehalt an Geruchsstoffen	47

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	49
I. UNTERSUCHUNGSGEBIET	49
II. MATERIAL UND METHODIK	50
1. Zeitpunkt der Untersuchungen	51
2. Die Witterungsverhältnisse während der Meß-Perioden	51
3. Einteilung der Ställe in Gruppen und Zielsetzung	54
4. Untersuchungsgang und Beschreibung der Meßgeräte	55
III. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	59
1. Alter der Ställe	59
2. Baumaterial	60
3. Stallraumverhältnisse	63
4. Lüftungssysteme	66
5. Stallklima	68
a) Temperatur	68
b) Luftfeuchtigkeit	72
c) Abkühlungsgröße	73
d) Luftbewegung	77
e) Kohlendioxidgehalt der Luft	78
f) Gehalt an Fremdgasen	82
6. Tauwasser	84
7. Milchmenge und wertbestimmende Bestand- teile der Milch	84
D. BESP RECHUNG DER ERGEBNISSE	86
E. ZUSAMMENFASSUNG	99
SUMMARY	102
F. LITERATURVERZEICHNIS	105
Tafeln 1 - 6	115
Abbildungen	127
Abkürzungen	131
Lebenslauf	132
Danksagung	133

Es ist leichter die Tiere gesund zu erhalten
als sie zu heilen

Vegetius Renatus

A. EINLEITUNG

=====

Die Entwicklung in der Landwirtschaft führte in den letzten Jahren zu einer verstärkten Spezialisierung in der Veredelungsproduktion. Immer mehr Betriebe gehen dazu über, Tiere nur einer Art zu halten. Dem Statistischen Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten von 1979 ist zu entnehmen, daß die Zahl der Rinderhalter in der BRD einschließlich West-Berlin in den Jahren von 1974 bis 1978 um 101 000 abgenommen hat, jedoch der Rinderbestand im selben Zeitraum und im selben Gebiet um 621 000 Tiere zugenommen hat. Viele Betriebe stellen sich auf diese neue Situation ein, indem sie Altbauten sanieren und umbauen oder neue Stallungen errichten. Die gestiegene Zahl an zu betreuenden Rindern verlangt bei geringerem, weil teurerem, Arbeitskräftezahl eine weitgehende Verlagerung der menschlichen Arbeitskraft auf bau- und maschinentechnische Hilfsmittel.

Der menschliche Erfindergeist hat nun eine Vielzahl an wirksamen, leider aber auch an unwirksamen Geräten ersonnen, die dem Landwirt helfen sollen. Sie werden von der Industrie hergestellt und durch Firmenberater den Bauern vorgestellt und verkauft; so auch auf dem Sektor der Lüftungsanlagen für Ställe. Ein nicht unbeabsichtigter Nebeneffekt ist auch, daß der Verkauf von möglichst viel Technik den Vertretern und Fabrikanten ein hohes Einkommen beschern soll. Dort wo eine sinnvolle Maschine angeboten und damit eine echte Leistung erbracht wird, ist dem auch nichts zu entgehen.

In unserer hochtechnisierten Gesellschaft, die immer perfektionierter funktionieren soll, gilt es schon fast als ein Sakrileg, wenn man auf die Technik verzichtet. Werbung, Medien und auch Politiker redeten ihr lange Zeit das Wort. Der Landwirt, bei dem sich nicht wenigstens ein Ventilator in der Stallmauer drehte, galt beinahe schon als Hinterwäldler. Als

Fortschritt galt - und gilt auch heute noch oft - eine vollautomatische, möglichst computergesteuerte Klimaanlage. Eine solche Anlage in einen Betrieb mit nur 20 Tieren einzubauen ist natürlich Unsinn. Ich kenne keinen Bauern, der nicht schlau genug wäre dies zu erkennen. Mehr noch! Die Landwirte erkennen auch, daß Technik und Elektrik, so lange sie nicht extrem hochwertig und demnach entsprechend teuer sind, in der feuchten und oft mit viel Staub beladenen Luft eines Stalles Ausfälle erleiden müssen. Mit dem Besitz einer komplizierten Anlage allein ist es nicht getan. Der Landwirt muß sich in seiner von jeher knapp bemessenen Zeit schulen, wie man eine Anlage "fährt", wartet und wie gegebenenfalls kleine Defekte selbst zu beheben sind.

Fällt ein Aggregat ganz aus und kommen damit hohe Reparatur- oder Neuanschaffungskosten auf ihn zu, dann sinkt die Freude an der Technik merklich.

Spätestens seit den enormen Preisanstiegen der Energiekosten sieht sich der Landwirt nach anderen Lüftungssystemen um, fragt zumindest danach. So tendiert das Interesse wieder hin zu den Schwerkraftlüftungen, für deren Weiterentwicklung auch viel geleistet wurde.

Bevor nun dem Bauern, der natürlich in erster Linie seine finanziellen Möglichkeiten und seine Arbeitskraft beachten muß, eine solche Lüftung angeboten bzw. empfohlen werden kann, muß auch an die Tiere gedacht werden, die in dem Stall Höchstleistungen vollbringen sollen.

Das Stallklima beeinflusst die Leistung des Tieres und die Güte seiner Produkte, es beeinflusst die Gesundheit und diese wiederum die Leistung. Und Leistung erwartet der Landwirt an erster Stelle.

So war meine Aufgabe, verschiedene Lüftungssysteme und ihre Einwirkung auf das Stallklima zu untersuchen. Die Fragestellung lautete, ob eine Schwerkraftlüftung genauso leistungsfähig sein kann wie eine mechanische Lüftung.

Besonders beachtet und herausgestellt wurde in dieser Arbeit das System der Querlüftung, die von Dr. K. BOLBECHER modifiziert wurde und unter dem Namen "Erlanger Luftlöcher" bekanntgeworden ist.

Für die Überlassung dieser Arbeit möchte ich mich sehr herzlich bei Herrn Prof. KALICH bedanken.

B. LITERATUR

=====

I. STALLBAU

1. Baugrund und Bauplatz

Bereits bei der Auswahl des Bauplatzes sollten hygienische Gesichtspunkte mit einer entscheidenden Rolle spielen. LAUFF (39) fordert eine erhöhte Lage, deren Umgebung nach allen Seiten hin leicht abfällt. Auch MIESSNER und SCHOOP (43) empfehlen eine erhöhte Lage, die insbesondere bei feuchtem Gelände, bedingt durch hohen Grundwasserstand, auch künstlich durch Aufschüttung zu erreichen sei. Der Stall sollte möglichst auf trockenem Boden stehen.

Licht und Luft sollen freien Zutritt zum Stall haben.

Nach welcher Himmelsrichtung das Gebäude zeigen soll, hat sich nach den Witterungsverhältnissen zu richten. MIESSNER und SCHOOP (43) sagen: "Hierbei spielen in erster Linie die kalten Herbst- und Wintermonate eine Rolle, während nachteilige Temperatureinflüsse im Sommer durch Öffnen von Türen und Fenstern ausgeglichen werden können. Bei der Süd- und Westseite sind die intensive und lange Sonnenbestrahlung und die damit verbundene Wärme und Fliegenplage zu bemängeln. Die Westseite ist zudem häufigeren Niederschlägen ausgesetzt. Die Ostseite hat den Vorzug der milden Morgensonne, kann aber, besonders an der Küste, bei Oststürmen nachteilig wirken. Daher verdient die Südfront bei uns den Vorzug; den Hauptwindwirkungen ist sie nicht erreichbar, sie hat Sonne, ohne den heißen Mittags- und Abendbestrahlungen ausgesetzt zu sein".

2. Baumaterial

a) Grundmauern

Das Fundament des Stalles sollte frostsicher 80 bis 100 cm unter der Erdoberfläche liegen und sich etwa 30 bis 80 cm über den Boden erheben (GERSPACH (15)). Als Material eignen sich Naturstein oder Stampfbeton. Die Stärke der Grundmauern hat sich nach statischen Anforderungen und nach der Wärmeleitfähigkeit des Materials zu richten. Aufsteigende Feuchtigkeit muß durch eine Sperrschicht abgehalten werden.

b) Stallboden

Das Tier hat unter den Stallbauteilen mit dem Boden den innigsten Kontakt. Somit ist neben den klimabestimmenden Anforderungen an das Material großer Wert auf seine Beschaffenheit hinsichtlich der Tierphysiologie bzw. der Gesunderhaltung des Tieres zu legen.

OBER (50) verlangt von der Oberfläche, daß sie abriebfest, leicht zu reinigen, griffig, aber nicht zu rauh gegen das Eindringen von Feuchtigkeit von oben und von unten abgesichert und aus giftstofffreiem und säurebeständigem Material hergestellt ist.

KALTENBÖCK (34) stellt folgende Schäden am Tier fest, die durch ungeeigneten Stallboden hervorgerufen wurden:

- Aufscheuern
- Unterbindung der Blutzufuhr infolge Einwirkung großen Druckes auf engbegrenzte Stellen des Körpers
- Ausgleiten
- Übermäßige Abnutzung der Klauen
- Einwirkung von stagnierender Nässe auf Klauen und Euter.

In Ställen mit Gitterrosten kommt es häufig zu Scheuerstellen an den Sprunggelenksaußenseiten. Werden diese wunden Stellen über den Kot infiziert, so kommt es zu schweren Phlegmonen, die unter Umständen zum Tod des Tieres führen können. Scheuerwunden treten auch dann auf, wenn Sand auf die Liegeplätze gestreut wird. An den Klauen entstehen durch Einwirkung großen Druckes auf engbegrenzte Stellen, vornehmlich beim Stehen auf der Standhinterkante oder auf Gitterrosten, verschiedene Schäden wie Quetschungen, Blutungen und Entzündungen der Matrix und des Ballenpolsters sowie Klauengeschwüre. Auf hartem, glattem Boden sind Rinder sehr unsicher und meiden diesen mit äußerster Konsequenz. Diese Unsicherheit resultiert aus dem anatomischen Bau der Klaue, der geeignet ist, besonders auf weichem Untergrund Trittfestigkeit zu gewährleisten. Müssen Rinder häufig in Kot und stagnierender Nässe stehen, so kommt es zu einem höheren Feuchtigkeitsgehalt des Klauenhorns, dadurch zu vermehrter Anfälligkeit für Klauengeschwüre und Klauenverformungen. Auch Einstreu kann hier ungünstig wirken.

OBER (50) gibt folgende "empfohlene Festigkeitswerte" für Stallfußböden an:

Tab. 1

Art der Festigkeit	Werte
Druck	255 kp/cm ²
Biegezug	40-60 kp/cm ²
Verschleiß	10-25 cm ³ /50 cm ²
Einpressen	3-4 kp/mm ²

Für das Gefälle beim Kurzstand gibt WANDER (74) 1,5 bis 2 ‰ an.

Eine wichtige Forderung an den Stallboden ist seine geringe Wärmeableitung.

OBER (50) gibt eine Übersicht über Meßergebnisse der Wärmeableitung verschiedener Bodenbeläge.

Klassifizierung der Bodenbeläge nach der gemessenen Wärmeableitung und Empfehlungen für den Stallbetrieb:

Tab. 2

Gemessene Wärmeableitung in kcal/m ² /h	Wärmeschutz	Wärmeschutzklasse	Mit od. ohne Einstreu bzw. Bodenheizung zu empfehlen
bis 100	sehr gut	I	ohne Einstreu
100-150	gut	II	ohne Einstreu
150-250	mäßig	III	für Kälber und Jungschweine mit, für alte Tiere ohne Einstreu
250-350	gering	IV	mit wenig für ältere u. viel Einstreu f. Jungtiere
350	schlecht	V	mit viel Einstreu

In der älteren Literatur wird von vielen Autoren ein Belag aus Ziegelsteinen oder Klinkern vorgeschlagen: SEILNACHT (58), SCHMIDT, PATOW und KLIESCH (64), NUSSHAG (47), DAHMEN (11), BRÜGGEMANN (9).

Nach neueren Erkenntnissen sind diese aber nur mit viel Einstreu als Wärmeschutz zu gebrauchen.

Einstreu als Wärmeschutz schlägt auch BORCHERT (6) für den Kaltstall vor.

c) Wände

Standfestigkeit und Tragfähigkeit sind Grundvoraussetzungen,

die eine Außenwand erfüllen muß. Für die Klimagegestaltung eines Raumes sind jedoch auch Wärmedämmung und Wärmespeicherung des Materials zu beachten. Besteht zwischen der Stallluft und der Außenluft ein Temperaturgefälle, findet durch die Wände ein Wärmefluß statt. Seine Richtung ist stets von Räumen höherer Temperatur zu solchen mit niedrigerer Temperatur. Aufgabe der Wände ist es, eine Schranke für diesen Wärmefluß zu bilden.

Das Wärmeleitvermögen eines Materials wird ausgedrückt durch die Wärmeleitzahl. Als Wärmeleitzahl - ausgedrückt in kcal - ist diejenige Wärmemenge definiert, welche in der Zeiteinheit von 1 Stunde durch die Flächeneinheit von 1 m² einer Materialschicht von 1 m Dicke hindurchgeht. Die Temperaturdifferenz zwischen beiden Oberflächen beträgt 1° C. So bestimmt die Wärmeleitzahl den Wärmeschutz eines Baustoffes, sie bleibt für jeden Baustoff konstant. Die Wärmedurchlaßzahl gibt Auskunft über den tatsächlichen Wärmeschutz eines Bauteiles. Sie ändert sich je nach Dicke und Schichtung eines Bauteiles.

$$\text{Wärmedurchlaßzahl} = \frac{\text{Wärmeleitzahl}}{\text{Dicke der Wand}}$$

Die Wärmedurchlaßzahl wird auch als k-Wert eines Bauteiles bezeichnet.

HILLIGER (19) vergleicht die Wärmeleitzahlen einiger üblicher Baustoffe mit deren entsprechenden Waddicken, die nötig sind, um eine genormte Wärmedämmung (hier 1,1 kcal m² h/grad) zu erreichen.

<u>Tab. 3</u>	Baustoffdicke cm	Wärmeleitzahl kcal m ² h/grad
Mineralfaser	2,5	0,035
Holzwolle- leichtbauplatten	5	0,07
Weichholz	8,6	0,12

Tab. 3 (Fortsetzung)

	Baustoffdicke cm	Wärmeleitzahl kcal m ² h/grad
Leichtbeton, Bimsbeton, Blähton	18	0,25
Mauerwerk aus Lochziegel	32	0,45
Haufwerkporige Betone	40	0,55
Mauerwerk aus Hochbau- klinker	65	0,90
Betone mit dichtem Gefüge	108	1,50
Sandstein	148	2,00
Granit	216	3,00

Wie aus der Aufstellung ersichtlich ist, haben gut wärmedämmende Materialien den Nachteil, daß sie nicht sehr stabil sind. Es ist also zu raten, einen Baustoff mittlerer Wärmeleitzahl und dabei guter Stabilität zu verwenden.

Für wichtig erachtet OBER (50), daß alle im Wandgefüge liegenden Wärmebrücken (Wandsockel, Fensterbänke und Stürze über Wandöffnungen für Türen, Fenster und Luken) mit Dämmplatten unwirksam gemacht werden.

KALICH (31) verlangt, daß bei porösen Baustoffen ein guter wasserabweisender Außenputz vorhanden sein muß, damit über angesaugtes Wasser keine bessere Wärmeleitung entsteht.

OBER (49) schreibt: "Die Feuchtigkeit kann aus dem Untergrund kommen, in den Kapillaren der Baustoffe hochsteigen oder durch Wasserdampfdiffusion aus der Stalluft stammen und mit dem Dampfdruckgefälle in die Baustoffe eindringen. Dichte Baustoffe sind für beide Feuchtigkeitsbewegungen anfällig, während grobporige nicht selten durch diffundierende Feuchtigkeit zu Porrenkondensation neigen und einen hohen Dauerwassergehalt aufweisen, der zu einer erheblichen Minderung des Wärmeschutzes führen kann. Gebrannte Baustoffe bedürfen einer Horizontalisolierung gegen aufsteigende Feuchtigkeit über dem mit dem

Baugrund verbundenen Wandsockel, während sie die diffundierende Feuchtigkeit durch ihre Feinstruktur hervorragend ausgleichen".

RIST (57) gibt eine Übersicht über die Dampfdurchlässigkeit einiger Baustoffe bei folgenden Bedingungen:

Tab. 4

Stallinnentemperatur:	+ 15° C
Rel. Luftfeuchtigkeit im Stall:	80 %
Außentemperatur:	- 15° C
Rel. Luftfeuchtigkeit außen:	50 %

Baustoffe	Dampfdurchlässigkeit g/m ² Std.
12 cm Steinwolle	5,66
12 cm Ziegel	1,50
12 cm Styropor (10 kg/m ³)	0,16
12 cm Fichtenholz (W.C. 8 %)	0,06
12 cm Rotbuche (W.C. 15 %)	0,6

Nach BORCHERT (7) sind Oberflächenkondensate im Kaltstall unvermeidbar. Deshalb müssen diese bei Bauplanung und -konstruktion ebenso gewissenhaft beachtet werden, wie die Regenwasserbeanspruchung von Dächern und Fassaden.

Folgen eines fehlerhaften Schichtaufbaus des Bauteils sind nach HILLIGER (19) neben falscher Lüftung die Ursache äußerlich erkennbarer Schädigungen der Bauteile, da aufgesogenem Kondenswasser nicht die Möglichkeit gegeben wird, wieder bald aus den Bauteilen auszutreten. Besonders gefährdet sind dabei die Fensterbereiche.

d) Decke

An Stalldecken sind gleiche Anforderungen zu stellen wie an Wände.

Früher wurde folgende Bauweise - von unten nach oben - empfohlen:

- Trägerbalken
- 3 cm starker Belag
- 8 bis 10 cm Strohlehm
- 2 cm Hartlehm

Heute wird allgemein eine feste Stalldecke bevorzugt. Sie ist einfach in der Herstellung und haltbar. OBER (50) hält sie für tragfähig, statisch voll wirksam und im Katastrophenfall, z.B. bei Bränden, für eine Gewährleistung zur Rettung der Tiere.

3. Türen

Stalltüren und -tore sind im praktischen Betrieb stark beanspruchte Bauteile. Es müssen bei ihrer Herstellung Baustoffe gewählt werden, die diesen Aufgaben gerecht werden. Folgende Forderungen sind zu stellen (OBER (50)):

- sie dürfen sich nicht verziehen
- sie müssen witterungsbeständig sein
- sie müssen als Wärmebrücken unwirksam sein
- sie sollen im Hinblick auf Katastrophenfälle mit einem Außenanschlag versehen sein
- sie müssen kräftige Beschläge, einfache Verschlüsse und Feststeller (für offene Türen) haben.

Die Größe der Türöffnungen richtet sich nach den verwendeten Transportmitteln.

OBER (50) gibt eine Übersicht über die Wandöffnungen für Türen und Tore in Viehställen:

Tab. 5	Rohbaurichtmaße (in m)	Breite	Höhe
Gehen mit Last		1,00	2,00
		1,25	2,25
Gehen ohne Last		1,00	2,00
		1,00	2,25
Treiben von Kleinvieh		1,00	2,00
Treiben von Großvieh, einzeln		1,125	2,25
Treiben und Führen von Großvieh, einzeln und paarweise		1,75	2,00
		1,75	2,25
		2,00	2,00
		2,00	2,25
Schubkarren und kleine Schubwagen		1,00	2,00
		1,25	2,00
		1,75	2,00
		1,75	2,25
Große Schubwagen		2,00	2,00
		2,00	2,25
		1,00	2,00
Seilzug-Schrapper (je nach Stalllänge)		1,25	2,25
		1,75	2,00
		1,75	2,25
Frontlader je nach Schleppergröße		1,75	2,50
		1,75	2,625
		2,00	2,50
		2,50	2,50
Schlepper mit Anhänger		2,50	2,50
		2,50	2,625
		2,75	2,75
Ladewagen		1,75	2,50
		2,50	2,50
		1,75	2,625
		2,00	2,625

KALTENBÖCK (34) schildert als typische Verletzung beim Weideaustrieb den Bruch des Hüfthöckers, der besonders häufig dann vorkommt, wenn Stalltüren so breit gebaut sind, daß 2 Tiere nebeneinander durchgehen können. Wird dabei ein Tier während des Gehens von anderen gegen die Kante des Türrahmens gedrückt, so ereignet sich dieser Unfall.

4. Fenster

Die Fenster sollen den Stall mit der genügenden Menge an Tageslicht versorgen. Daraus ergibt sich die Forderung nach einer ausreichend großen Fensterfläche und nach einer entsprechenden Reinhaltung des Glases.

Das Fensterflächen-/Bodenverhältnis gibt KALICH (31) für den Milchviehstall mit 1 : 20 an. Dadurch soll eine ausreichende Beleuchtung gewährleistet sein.

Empfohlen wird außerdem eine Anbringung der Fenster an der Südfront des Stalles, möglichst dicht unter der Decke.

Häufig wird die Forderung erhoben, daß Fenster kippbar sein sollen, damit Frischluft zirkulieren kann. Neuere Untersuchungen haben zu der Empfehlung geführt, daß Fenster allein dem Lichteintritt dienen sollen und nicht als Lüftungselemente betrachtet werden können (ZRNO (80)).

OBER (50) gibt eine Übersicht über den Wärmeschutz von Stallfenstern:

<u>Tab. 6</u>		kcal/m ² h grd
Holzeinfachfenster	einfach verglast	4,5
	doppelt verglast mit 6 mm	4,5
	Scheibenabstand	2,8
	doppelt verglast mit 12 mm	2,8
	Scheibenabstand	2,5
Holzverbundfenster		2,2
Holzdoppelfenster		2,0
Stahleinfachfenster	einfach verglast	5,0
	doppelt verglast mit 6 mm	
	Scheibenabstand	3,4
	doppelt verglast mit 12 mm	
	Scheibenabstand	3,1
Fenster aus Glashohlsteinen		2,5
Kunststoffrahmen	doppelt verglast	2,8

5. Stallgröße

Die Stallgröße richtet sich nach Art, Anzahl, Größe und Nutzung der Tiere.

Von den Autoren werden verschiedene m³-Zahlen pro GVE genannt:

KALICH (31)	20 bis 25 m ³
HILLIGER (19) und BLENDL (3)	18 m ³ für die Milchkuh
	16 m ³ für das Mastrind
	4,5 m ³ für das Mastkalb
GROTH (16)	20 bis 30 m ³
STIETENROTH (69)	20 m ³ (höchstens)

Der Luftraum für das Tier kann aber auch bei optimaler Be- und Entlüftungseinrichtung kleiner bemessen werden. Eine Unterbelegung des Stalles bedingt seine starke Abkühlung, während eine Überbelegung das Gegenteil bewirkt. Beide Situationen beinhalten eine Verschlechterung des Stallklimas.

6. Lüftung

Zweck der Stalllüftung ist es, schreibt PLAMBECK (54), verbrauchte Stallluft abzuführen und frische, sauerstoffreiche Luft zuzuführen.

Träger der Wärme- und Stofflasten sowie der Klimakomponenten ist die Luft. Der Ausgleich der Wärme- und Stoffbelastung an jedem Tierplatz wird durch einen Luftaustausch mit der Umgebung (zunächst innerhalb des Stallraumes zwischen einzelnen Bereichen und anschließend zwischen dem Stallraum und der freien Atmosphäre) erreicht. Dieser Luftaustausch muß eine bestimmte Intensität aufweisen (HEINRICH (17)). Um nun einen Luftaustausch in einem Stall zu erreichen, kann man sich verschiedener Hilfsmittel, sprich Lüftungsanlagen, bedienen:

a) Freie Lüftung

Bei der freien Lüftung macht man sich die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innenluft zunutze. Gleichzeitig nimmt man auch Wind, Sonnenstrahlung und Schatten als natürliche und kostenlose Lüftungselemente in Anspruch.

Diese Art der Lüftung bezeichnet man als Schwerkraftlüftung.

Nach KALICH (25) muß eine Minstdifferenz von 5°C zwischen Außenlufttemperatur und Innenlufttemperatur vorhanden sein, um einen Luftaustausch zu bewirken.

Der einfachste, jedoch nicht regulierbare Vorgang der Lüftung eines geschlossenen Stalles beruht auf dem natürlichen Luftaustausch durch Undichtigkeiten in den raumumschließenden Bauteilen, insbesondere durch Fugen von Fenstern und Türen. MÜLLER (46) gibt einen 0,5 bis 1,5-fachen Luftwechsel je Stunde bei mittlerer Windgeschwindigkeit in Ställen üblicher Bauweise an. Diese Luftwechselrate reicht als Lüftung allein allerdings nicht aus, kann aber den Betrieb von Stalllüftungsanlagen empfindlich stören.

Die reine Fensterlüftung ist für den Sommerbetrieb kein Problem, da die Landwirte bei hohen Temperaturen gern alle im Stall verfügbaren Öffnungen nutzen. In den Übergangszeiten zu und von der kalten Jahreszeit und im Winter selbst können dabei aber Probleme auftauchen, wie z.B. Unterkühlung des Stalles und Auftreten von Zugluft. Außerdem müssen nach RIST (57) die Fenster an den gegenüberliegenden Längsseiten des Stalles angeordnet sein, der Wind muß die Lüftung unterstützen und der Grad der Fensteröffnung muß laufend reguliert werden.

STIETENROTH (69) lehnt Fenster als alleinige Lüftung ganz ab.

Die Quer- oder Horizontallüftung bedarf nach REHRL (55) einer

Windgeschwindigkeit von 3 m/sec, um auf der Seite des Windanfalles einen Überdruck, auf der Gegenseite einen Unterdruck zu erzeugen.



Abb. 1

Bei der Trauf-First-Lüftung liegen die Luftaustrittsöffnungen im Dachfirst, die Lufteintrittsöffnungen unter der Dachtraufe in der Stallwand. Bläst der Wind über das Dach, entsteht unter dem First ein Unterdruck und die Luft entweicht durch den offenen First aus dem Stall. Hierbei spielt auch der Dachneigungswinkel eine große Rolle. Bei einem steilen Dach entsteht über dem offenen First eine größere Luftgeschwindigkeit und dadurch ein größerer Unterdruck. Durch spezielle Konstruktionen kann man den Zug am First noch verstärken. BRANDSMA (8) beschreibt die Nebenwirkungen des Windes und der Sonne. Als indirekten Einfluß des Windes kühlt sich die windzugewandte Seite des Stalles mehr ab als die windabgewandte. Es kann Bodenzug entstehen. Es kommt vor, daß sich die Luft an der sonnenzugewandten Seite der Mauer stark erwärmt, während die Luft auf der Schattenseite kalt bleibt. Die einströmende Luft senkt sich nun nicht mehr ab und wird von den Belüftern unmittelbar herausgezogen.

Die Vertikallüftung wird durch das Aufsteigen warmer und das Absinken kalter Luft erreicht. Der zum Luftaustausch notwendige Druckunterschied wird erst bei in großer Höhe angebrachten Abluftöffnungen wirksam.

KALICH (32) stellt folgende Forderungen an einen Abluftschacht:

- a) senkrecht geführter Schacht
- b) quadratische oder runde Querschnittsform
- c) Schachthöhe über der Stalldecke (H) mindestens gleich
2 x Stallhöhe
- d) Schachtmündung mindestens 50 cm über dem Gebäudefirst
- e) Schachtquerschnitt mindestens gleich der Summe aller
Zuluftöffnungen
- f) Schachthöhe über der Decke mindestens gleich dem 8-fachen
Innenmaß (a) des Schachtes
- g) freier Luftaustritt am Schachtkopf
- h) windunabhängige Frischluftzufuhr
- i) Temperaturdifferenz zwischen Stallluft und Außenluft
mindestens $5-8^{\circ}\text{C}$
- k) ausreichende Isolation des Schachtes, sonst Abkühlung
der Luft bzw. Kondenswasserbildung

Nach REHRL (55) kann die Lüftung zum Stillstand kommen, wenn der Schacht im Stauraum des Windanfalles vor einer Gebäudewand oder höheren Bäumen endet.

HEINRICH (17) zeigt folgende Nachteile auf:

- Zugerscheinungen sind nur schwer zu vermeiden (bes. im Winter)
- in der Übergangs- und während der warmen Jahreszeit wird die Wirkung des Schachtes verringert und hört zeitweise ganz auf.

Die Erlanger Luftlöcher

Schon vor etwa 12 Jahren hat der Erlanger Tierarzt Dr. K. BOL-BECHER (4) begonnen, in seinem Praxisgebiet Kunststoffrohre in alte Ställe einbauen zu lassen, um eine Verbesserung der Stallluftqualität zu erreichen. Seit etwa 5 Jahren werden diese

Rohre als einzige Lüftungsmöglichkeit auch in Neubauten verwendet.

Die Rohre haben einen Durchmesser von 15 cm. Sie werden im Abstand von 15 cm von der Stalldecke in die Außenwände eingebaut. An der Stallinnenwand schließen sie plan mit der Wand ab, an der Stallaußenwand stehen sie mehrere Zentimeter über die Wand hinaus. Die Rohre haben ein Gefälle von innen nach außen, wobei ihre Unterkante innen auf gleicher Höhe mit ihrer Oberkante außen sein soll (s. Abb. 9 bis 12).

Nach BOLBECHER (4) sollen je 2 Erlanger Luftlöcher pro GVE beim Stallbau eingeplant werden.

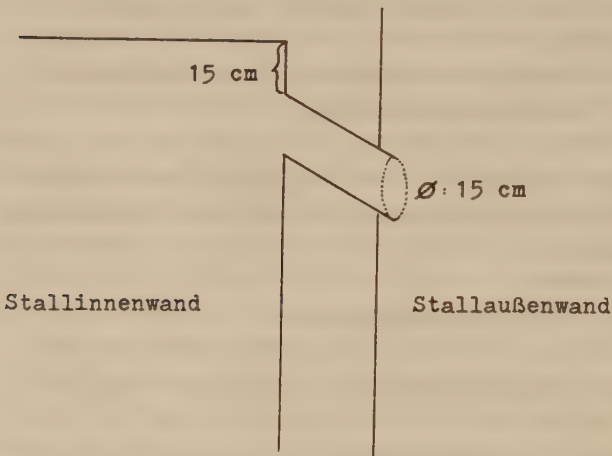


Abb. 2

Die Luft tritt von außen durch die Rohre, steigt durch die Neigung des Rohres bedingt nach oben, streicht an der Decke entlang und fällt etwa in der Stallmitte nach unten.



Abb. 3

In den kühleren Jahreszeiten sieht man im Freien aus den Erlanger Luftlöchern Nebelschwaden ziehen.

Im Winter kondensiert der Dampf in den Rohren und das Wasser tropft, bedingt durch den Neigungsgrad der Rohre, nach außen ab. Erst außerhalb des Stalles kann das Wasser gefrieren und bildet dann oft lange Eiszapfen (s. Abb. 12).

Aus diesem Grund sollen die Rohre auch außen einige Zentimeter über die Mauer herausragen. Wäre dies nicht der Fall, bestünde die Gefahr einer Durchfeuchtung der Wand durch das abfließende Tauwasser bzw. einer starken Abkühlung der Wand durch aufliegende Eisplatten.

Ein völliges Zufrieren der Rohrlumina ist nicht möglich.

b) Zwangslüftung

Die Perfektionierung der Technik erlaubt es heute, Lüftungsanlagen zu bauen, die vom einfachen Luftaustausch mittels Ventilatoren bis hin zu computergesteuerten und mit Sensor-Regulatoren ausgerüsteten Klimaanlage reichen.

Grundvoraussetzung zur Nutzung einer so hoch entwickelten Technik und zur Erwirtschaftung der hohen Investitions- und Unterhaltskosten ist die Bereitschaft des Landwirtes oder des Stallbetreuers, den Sinn der Anlage zu erfassen und diese auch richtig "fahren" zu lernen. Außerdem bedarf die Technik einer

ständigen Überwachung, da es noch keine verschleißfreie Maschine gibt. Auch Kontroll-Leuchten können defekt werden.

Unterdrucklüftung:

Ein oder mehrere Saugventilatoren entfernen die Stallluft nach außen. Frischluft wird über viele gleichmäßig verteilte Zu- und Abzugöffnungen durch den entstehenden Unterdruck in den Stall geleitet.

OBER (49) beschreibt die Gefahren bei dieser Lüftungsart: "Befinden sich größere Undichtigkeiten und teilweise oder ganz geöffnete Fenster in der Nähe des Lüfters, dann sucht die Frischluft den Weg des geringsten Widerstandes und strömt unter der Sogwirkung des Ventilators, ohne zu einer nennenswerten Verbesserung der Stallluft durch Ableitung von Wasserdampf, Stallgasen oder Wärme beigetragen zu haben, nach außen. Vor allen Dingen kann es bei tieferen Außentemperaturen in der Nähe von größeren Undichtigkeiten von Stalltüren oder -toren zu gefährlicher Zugluft kommen. Falschlucht kann den gesamten Erfolg der Gesamtanlage ganz in Frage stellen".

Überdrucklüftung:

Ein oder mehrere Ventilatoren drücken Frischluft frei oder über Kanäle oder Schläuche in den Stall. Die Abluft entweicht über Undichtigkeiten oder speziell angebrachte Abzugöffnungen.

Diese Art der Lüftung hat nach OBER (49) den Vorteil, daß die zugeführte Luft aufbereitet werden kann (Reinigung, Erwärmung, Anfeuchtung, Trocknung etc.). In einer anderen Veröffentlichung (OBER (48)) zeigt er auf, daß der Weg des geringsten Widerstandes auch bei der Überdrucklüftung auftreten kann, nur diesmal außerhalb des Stalles, wenn z.B. Frischluft mit Überdruck in den Stall geblasen und Stallluft durch Öffnungen unter einem

Spaltenboden in der Nähe der Zuluftöffnung aus dem Stall verdrängt wird.

Gleichdruckanlagen:

Ventilatoren führen eine bestimmte Menge Frischluft dem Stall zu, während andere Ventilatoren eine ebenso große Menge Abluft aus dem Stall beseitigen.

Die Frage nach dem "wo" der Abluftführung wird immer wieder diskutiert. OBER (48 und 49) spricht sich generell für die Lösung der Abluftführung mittels Schächten über Dach aus. Der Wind kann dann die Abluftleistung kaum stören, der Ventilatorlärm wird eingeschränkt, die mit Stallgerüchen beladene Abluft wird in größere Höhen geführt, wo sie sich mit der Außenluft vermischt und so verdünnt wird. Außerdem addieren sich vorteilhaft die Kräfte der Zwangslüftung und die der freien Lüftung.

Bei der Querlüftung verändert sich die Qualität der Luft. Je weiter die Tiere von der einseitigen Frischluftzufuhr entfernt stehen, desto schlechtere Atemluft bekommen sie.

ZEISIG (78) hält bei zweireihiger Aufstallung bis 12 m Breite eine reine Querlüftung noch für praktikabel. Bei mehrreihigen Aufstallungen empfiehlt er eine symmetrische Anordnung der Frischluftführung und eine in der Mitte angeordnete Ableitung.

STIETENROTH (69) schreibt: "Es gibt keine Lüftungseinrichtung, die für alle Fälle paßt. Von Fall zu Fall muß überlegt werden, welche Lösung am zweckmäßigsten ist, d.h. am einfachsten, am wirkungsvollsten und am preisgünstigsten". Oft wird aber nicht einmal der Einbau einer Lüftung erwogen. Nach KALICH (26) haben 52,7 % der alten Ställe und 10,9 % der neu erbauten Stallungen keine andere Lüftungsmöglichkeit als die Fenster.

II. STALLARTEN

Nach dem STATISTISCHEN JAHRBUCH ÜBER ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND von 1979 (67) lagen die Verkaufserlöse der landwirtschaftlichen Erzeugnisse im Jahre 1978 insgesamt bei 51 569 Millionen DM. Die Verkaufserlöse in der tierischen Erzeugung lagen bei 36 085 Millionen DM, und die Erlöse von Verkauf von Rindern, Kälbern und Milch lagen bei 22 592 Millionen DM. Anders ausgedrückt betrugen die Verkaufserlöse aus der Haltung von Rindern 62,6 % der gesamten Tierproduktion oder 43,8 % der gesamten landwirtschaftlichen Produktion.

Allein aus diesen Angaben läßt sich die enorme Verantwortung des Landwirtes ablesen, die er trägt, wenn er Rinder als Erwerbsquelle hält. Falsche Haltungsbedingungen lassen selbst für den einzelnen Landwirt große Schäden entstehen.

Zwei Haltungsformen werden bei der Aufstallung unterschieden, der Anbindestall und der Laufstall.

1. Der Anbindestall

Nach SOMMER, GREUEL, MÜLLER (62) kommt er in erster Linie für kleinere Bestände von etwa 20 (10 bis 20) Kühen in Frage. Die Aufstallung erfolgt in einer oder in zwei Reihen, im fränkischen Raum trifft man vereinzelt auch noch einreihige Aufstallungen in Halb- oder Dreiviertelkreisform an.

a) Langstand

Der Langstand ist nach KRÄUSSLICH (38) überholt. KALICH (28) empfiehlt ihn nur noch im Abkalbestall.

b) Mittellangstand

Ebenso wie der Langstand wird auch der Mittellangstand als überholt betrachtet, da auch hier der Kot auf die Liegefläche fällt. Reichlich Einstreu, 7 bis 10 kg je Tier und Tag, fordert WANDER (74). Ein weiterer Nachteil ist der hohe Arbeitsaufwand vor der Melkarbeit, da die mit Kot beschmutzten Euter erst gründlich gereinigt werden müssen.

Als Maß werden von der STAATLICHEN LANDWIRTSCHAFTLICHEN BAUBERATUNG IN BAYERN (66) angegeben:

- für die Länge: 210 bis 220 cm
- für die Breite: 110 cm

Zu den Mittellangständen wurden Stimmen laut, die diese Haltungsform nicht tierschutzgerecht finden. Die Anbindehaltung generell soll nicht dem natürlichen Bewegungsverhalten des Rindes angemessen sein. Bei Mittellangständen ist eine sichere Vermeidung des Kotabsetzens auf der Liegefläche nur mittels eines Kuhtrainers zu erreichen. Die dem Tier dadurch zugefügten Stromstöße stünden aber im krassen Gegensatz zum TIERSCHUTZGESETZ (73). Besonders wird auf den Zweiten Abschnitt (1,2) hingewiesen, in dem es heißt: "Wer ein Tier hält, betreut oder zu betreuen hat, darf das artgemäße Bewegungsbedürfnis eines Tieres nicht dauernd und nicht so einschränken, daß dem Tier vermeidbare Schmerzen, Leiden oder Schäden zugefügt werden".

c) Kurzstand

Der Kurzstand hat sich heute in den meisten Betrieben durchgesetzt.

KALICH (31) gibt eine Übersicht über die Standmaße im Verhältnis zu den Altersstufen:

Tab. 7

Alter der Tiere in Monaten	6	12	18	24	30	adulte Rinder je nach Rasse
Standlänge in cm	125	140	155	160	165	150 - 170
Standbreite in cm	60	70	85	95	105	105 - 110

Die Kotstufe hat eine Höhe von 10 bis 20 cm. Die Breite der Kotplatte beträgt 60 bis 70 cm. Auch ein Gitterrost mit Schwemmkanal kann sich dem Kurzstand anschließen.

KRÄUSSLICH (38) nennt für die Höhe der Kotstufe ein Maß von 20 bis 25 cm. Das Gefälle des Standes soll nach WANDER (74) 1,5 bis 2 % betragen. Als Anbindevorrichtung werden Grabnerketten, Halsrahmen und Pfostenanbindung vorgeschlagen.

GROTH (16) zeigt Schädigungen auf, die bei Kühen, besonders bei ganzjähriger Stallhaltung, auftreten können. Er unterteilt in Kurzstände ohne Gitterrost und in solche mit Gitterrost.

Ohne Gitterrost:

- Im Stehen wird an der hinteren Standkante ein Druck auf die weiche Klauensohle ausgeübt, so daß Blutungen und Entzündungen der Sohlenlederhaut entstehen können.
- Die Hinterbeine rutschen auf dem Kurzstand leicht auf die 25 bis 40 cm tieferliegende Kotplatte ab, wobei Gelenkschäden auftreten können.
- Im Liegen entstehen durch Druck an der hinteren Standkante Durchblutungsstörungen und Quetschungen an den Gliedmaßen und am Euter. Lahmheiten, Dekubitus und Störungen der Euterfunktionen können die Folgen sein.
- Beim Liegen ragt das Hinterteil des Tieres über die Hinterkante des Standes heraus. Hierdurch wird bei entsprechender Disposition das Auftreten von Gebärmutter- und Scheidenvorfällen gefördert, besonders bei hochtragenden Tieren.

Mit Gitterrost:

- An den Klauen zeigen sich Geschwüre und Steingallen an den Sohlen durch unzuweckmäßige Kotroste, rauhe Liegeflächen und fehlende oder falsch ausgeführte Klauenpflege.
- Die Unsicherheit beim Hinlegen oder Aufstehen auf glatten Stäben oder auch Schmerzen im Bereich der Klauen veranlassen die Kühe, seltener zwischen Stehen und Liegen zu wechseln. Sie stehen oder liegen jeweils zu lange Zeit, verändern ihre Lage im Liegen nicht. Daraus ergeben sich Überlastungen, die Gefahr des Aufliegens oder der Ausbildung von Stauungsödemen.
- Am Euter zeigen sich Zitzenriß-, -schnitt- und -quetschwunden.

GROTH (16) führt noch weitere Schädigungsmöglichkeiten auf. Hier habe ich nur die wesentlichsten dargestellt.

2. Der Laufstall

Nach SOMMER, GREUEL, MÜLLER (62) bietet sich der Laufstall wegen der relativ hohen Kosten für den Melkstand erst für Bestände über 40 Kühe an.

a) Geschlossener Laufstall

Der geschlossene Laufstall ohne befestigten Futterplatz

Die Tiere können sich im Stall frei bewegen. Lauf- und Liegefläche, Futter- und Tränkeplätze sind in einem Raum. KALICH (28) stellt folgende Bedingungen:

Melkstand, Abkalbe- und Krankenstall, enthornte Tiere und intensive Belüftung müssen vorhanden sein. Der Strohbedarf liegt bei 10 bis 15 kg pro Tier und Tag. Die Lauf- und Liegefläche soll für Kühe 6 bis 7,5 m² betragen, für Jung- und Mastvieh, je nach Gewicht, 2,75 bis 6 m².

Der geschlossene Laufstall mit befestigtem Futterplatz

Er hat nach KALICH (28) den Vorteil, daß, da ca. 60 bis 70 % der anfallenden Kot- und Harnmenge an der Futterkrippe abgesetzt werden, nur noch ein Einstreubedarf von ca. 4 bis 8 kg Stroh pro Tier und Tag besteht. Die erforderliche eingestreute Liegefläche beträgt bei Kühen 5 m², bei Jung- und Mastvieh, je nach Gewicht, 1,65 bis 3,75 m².

b) Offener Laufstall

Er ist gegliedert in Liegehalle, Laufstall, Laufhof (befestigt), Selbstfütterung, Abkalbestall, Krankenstall, Stall für rindernde Tiere und Melkstand.

Der Streubedarf liegt nach KALICH (28) bei 4 bis 5 kg Stroh pro Tier und Tag. Bei der Selbstfütterung ist ein Bedarf an Freßplätzen von 1/4 der Tierzahl. Für PFLUG (53) ist die Selbstfütterung für ausgesprochene Hochleistungsherden "ohnehin illusorisch"! Um Hochleistungskühen eine einheitliche Futterqualität und die notwendigen Kraftfuttergaben zu garantieren, ist bei rationierter Fütterung das Festlegen der Kühe an Selbstfanggitter oder in Freßboxen zu befürworten. Eine (beheizte) Selbsttränke genügt für 15 Tiere. OBER (50) dagegen verlangt ein Tränkebecken für je 10 Tiere.

Maße nach KALICH (28):

<u>Tab. 8</u>		Futterstand- breite	Liegefläche (eingebaut)	Laufhof- fläche/Rd.
Kühe		85 cm	5,0 m ²	5 - 7,0 m ²
Jung- und Mastvieh	450 kg	75 cm	ca. 4,0 m ²	4,0 m ²
	350 kg	65 cm	2,5 - 3,0 m ²	3,0 m ²
	250 kg	55 cm	ca. 2,0 m ²	2,5 m ²

Für die Breite und Länge der Boxen fordert OBER (50) eine Vergrößerung der Maße um 10 % gegenüber den Kurzständen.

Die Mistplätze der verschiedenen Stallarten können mit Spaltenböden über Treibmistkanälen oder Flachschieberbahnen ausgestattet werden. Einstreu kann hier nicht verwendet werden.

Bei allen Laufstallarten wird von fast allen Autoren besonders die Enthornung der Tiere gefordert.

III. STALLKLIMA

Abb. 4

Karte der Klimagebiete für den Stallbau nach STIETENROTH (69)



Um in einem Stall ein optimales Klima zu erhalten, gibt es viele technische Möglichkeiten, deren Verwendung abhängig ist von den wirtschaftlichen Möglichkeiten des Landwirtes, von dem wirtschaftlich vertretbaren Verhältnis von Aufwand zu Erfolg und nicht zuletzt von den klimatischen Verhältnissen der Region, in welcher der Stall erstellt werden soll.

STIETENROTH (69) teilt Deutschland in einer Karte der Klimagebiete für den Stallbau in 3 Zonen auf (s. S. 27). Die Einteilung erfolgt in Mild für -9°C , Mittel für -12°C und Rau für -15°C als rechnungsmäßige Außenlufttemperaturen im Winter.

ZRNO und JARNIK (81) empfehlen, vor der Berechnung der das Stallklima korrigierenden Anlagenleistungen statistisch festzustellen, wieviele Tage im Durchschnitt der letzten 25 oder 50 Jahre im Winter die Minimaltemperaturen der gegebenen Klimazone erreicht und wievielmals und wo diese unterschritten wurden. Die statistische Übersicht sollte auch für extreme Sommertemperaturen von 30 und mehr Grad Celsius aufgestellt werden. Erst danach könne und solle man entscheiden, ob es sich lohnt, z.B. eine Heizung in den Stall einzubauen. Die wirtschaftliche Minderung, durch das Fehlen einer Heizung, kann wegen evtl. weniger Tage Dauer von Niedrigsttemperaturen langfristig gesehen geringer sein als der Aufwand des Einbaus.

In den weiteren Darlegungen folge ich dem Vorschlag HILLIGERS (22), der die Faktoren des Stallklimas als Faktoren der Stallluft bezeichnet und diese unterteilt in:

Physikalische Faktoren

Temperatur

Feuchte

Abkühlungsgröße und Luftbewegung

Licht

Chemische Faktoren

Kohlendioxidgehalt

Gehalt an Fremdgasen

Biologischer Faktor

Gehalt an Geruchsstoffen

1. Physikalische Faktoren

a) Temperatur

Eine konstante Körpertemperatur ist nach HÖRNICKE (23) dann gegeben, wenn Wärmebildung und Wärmeabgabe im Gleichgewicht sind. Dieses Gleichgewicht ist durch die natürlichen Lebensbedingungen ständig gefährdet. Änderungen sowohl der Wärmeerzeugung (Arbeit, Nahrungsaufnahme usw.) als auch der Wärmeabgabe (Wechsel von Temperatur, Feuchtigkeit, Luftbewegung, Sonneneinstrahlung) können rasch eintreten und ein erhebliches Maß annehmen.

Die chemische Regulation erfolgt bei den größeren Tieren als einzige Möglichkeit einer thermoregulatorischen Stoffwechselsteigerung über das Kältezittern. Die physikalische Regulation der Wärmeabgabe kennt mehrere Wege:

Als Innerer Gradient wird der Wärmeaustausch zwischen Körperkern und Körperschale genannt.

- In warmer Umgebung nimmt die Durchblutung der Körperperipherie durch Erweiterung der Blutgefäße zu. Die Haut wird wärmer, der Temperaturunterschied zwischen Haut und Umgebung wird größer und dadurch die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung vermehrt.
- Durch Öffnen von arteriovenösen Anastomosen in der Haut von Körperregionen, an denen ein starker Wärmeentzug stattfinden kann (Ohren, Extremitäten), wird durch den verminderten Strömungswiderstand viel Blut mit einer geringen Kreislaufarbeit hindurchgepumpt. Dadurch wird die Wärmeabgabe gefördert.
- Beim Wärmeaustausch im Gegenstromprinzip kühlt das Blut der tiefen Venen in den Extremitäten das warme Blut der über

längere Strecken parallel laufenden Arterien ab. Dadurch wird die Hauttemperatur niedrig gehalten. Wärmeverluste bei niedrigen Umgebungstemperaturen sind gering. Außerdem bleiben auch die tieferen Gewebe der Extremitäten auf niedrigen Temperaturen, was Stoffwechselsenkung bewirkt und so energiesparend ist. Bei hohen Umgebungstemperaturen wird das Venenblut zu den peripheren Venen umgeleitet, arterielles Blut wird nicht abgekühlt und erreicht so die Haut. Die Hauttemperatur steigt entsprechend an.

Als Äußerer Gradient wird der Wärmeaustausch zwischen Körper und Umgebung verstanden.

- Die Körpertemperatur der Säugetiere liegt meist über der Umgebungstemperatur, ebenso die Hauttemperatur. Wärme kann so durch Strahlung an die Luft abgegeben werden.
- Wärmeabgabe durch Leitung entsteht bei direktem Kontakt mit umgebenden Gegenständen, wie Stallfußboden usw..

Da die Luft nur eine geringe Wärmekapazität hat, spielt für die Wärmeabgabe die Konvektion (Luftbewegung) eine große Rolle, denn diese leitet erwärmte Luft von der Körperoberfläche ab und führt kühle zu.

Bei Stalltemperaturen unter 15°C wird, nach KALICH (30), die überschüssige Wärme des Organismus durch Strahlung (Temperaturdifferenz zwischen Hauttemperatur und umgebender Luft), Leitung (feuchte Luft leitet die Wärme besser als trockene) und Konvektion (Luftbewegung) abgegeben. Nur mit diesen drei Wärmeabgabemöglichkeiten kann der Stall erwärmt werden (unmittelbare Wärmeabgabe oder nutzbare Wärme). Die durchschnittliche Wärmeabgabe (nutzbare Wärme) der Tiere je Stunde und GVE liegt nach KALICH (32) für das Rind bei 750 kcal, bei 15°C und 80 % rel. Feuchte im Stall.

Das Rind soll sich im Stall hinsichtlich der Temperatur wohlfühlen und gleichzeitig eine hohe Leistung vollbringen.

Untersuchungen verschiedenster Art haben für das Rind die unterschiedlichsten Temperaturforderungen ergeben:

Tab. 9

Autor	Produktionsstufe	Unterer Grenzwert (in ° C)	Optimal- bereich (in ° C)
HEINRICH (17)	Kalb bis 2 Monate	12	15 - 20
	Kalb 2 - 4 Monate	10	12 - 20
	Jung-, Mastrind	5	8 - 25
WOLFERMANN u. WEGHE (75)	Milchkühe, Zucht- kälber, Zuchtbullen, Jungviehaufzucht u.		
	Abkalbung		0 - 20
	Jungviehmast		20 - 12*
	Mastbullen, Mastkälber		20 - 16*
OBER (50)	Kühe		8 - 16
	Jungvieh		6 - 14
	Kälber		13 - 20
	Mastvieh		10 - 18
MÜLLER (46)	Milchkühe		10 - 15
GROTH (16)	Milchkühe	7	10 - 14
RIST (57)	Kälberaufzucht		5 - 20
	Kälbermast		18 - 12*
	Jungviehaufzucht		5 - 20
	Jungviehmast		10 - 20
	Milchkühe		0 - 15
PETERSEN (52)	Zuchtstiere		0 - 15
	Mastrinder		12
	Milchkühe		12
	Zuchtkälber		16
	Mastkälber		18
STIETENROTH (69)	Rindviehstall	7	10 - 15

* = Mit zunehmenden Alter der Tiere allmählich abnehmend.

GROTH (16) gibt als oberen Grenzwert für Milchkühe 28° C an.

KLINK (35) zeigt in seiner Abbildung, daß in der Literatur die Werte in dem optimalen Temperaturbereich stark variieren, die unteren Grenzwerte bis zu 10° C, die oberen Grenzwerte gar bis zu 13° C (s. S. 32).

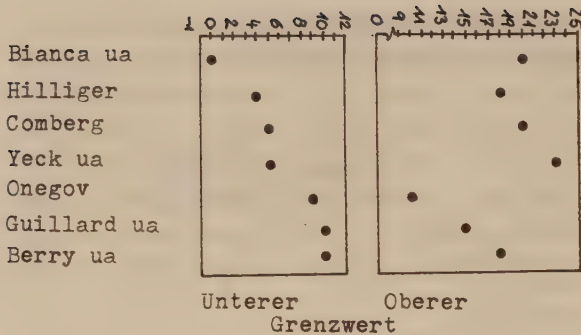


Abb. 5

Nach HILLIGER (21) finden sich in einem für das BMELF angefertigten Gutachten zur tierschutzgerechten Haltung der Nutztiere folgende Werte:

Kälberhaltung (1973)	Mindesttemperatur		Höchsttemperatur
	ohne Einstreu	mit Einstreu	
Mit Anbindung	+ 8° C	+ 4° C	+ 30° C
Ohne Anbindung	+ 4° C	± 0° C	+ 30° C

Laut SCHÖBESCH (65) wird die Stalltemperatur zum Streßfaktor, wenn deren Werte die thermoneutrale Zone (Zone des Behagens) über- oder unterschreiten. Bei hohen Stalltemperaturen sinkt die Milchabgabe der Kühe.

SOMMER, GREUEL und MÜLLER (62) geben als obere Grenze, bei deren Überschreitung Leistungsdepression eintritt, mit 25° C an und fordern für den Sommer kühle Ställe und für den Weidegang schattige Plätze in ausreichender Größe.

STEPHAN (68) schreibt, daß auch neben der Milchmenge die Gehalte der wertbestimmenden Milchbestandteile mit höherer Wärmebelastung sinken. Weiter schreibt er, daß Zuchtbullen Lufttemperaturen von 25 bis 30° C im allgemeinen über kürzere Zeiträume noch

tolerieren. Bei Temperaturen von über 30°C treten bereits erhebliche Verschlechterungen der Spermaqualität auf. Wegen der "thermischen Trägheit" des Rindes kann aber schon eine Abkühlung um 5 bis 10°C , z.B. während der Nachtzeit, als Ausgleich für die Wärmebelastung am Tag dienen. ZRNO und JARNIK (81) gehen auf die Schwankungen der Temperatur während eines 24-Stunden-Tages ein. Zwischen morgens 5.00 Uhr und nachmittags etwa 14.00 Uhr sind Temperaturunterschiede von 10, 15 und mehr Grad C möglich.

In einer anderen Veröffentlichung gibt ZRNO (79) einen Temperaturunterschied von 8 bis 10°C an, mit dem man zu rechnen habe.

SIMON (60) stellt den Verlauf der Stalllufttemperatur (t_i) binnen 24 Stunden in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur (t_e) im Sommer dar:

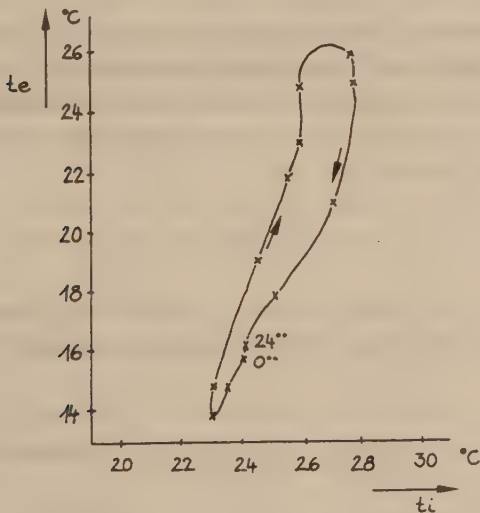


Abb. 6

Bei einer Untersuchung von HILLIGER (18) lagen die Temperaturen der Stallluft im Sommer im Wochenmittel um $5,9^{\circ}\text{C}$, im Herbst um $9,7^{\circ}\text{C}$ und im Winter um $17,3^{\circ}\text{C}$ über denen der Außenluft.

Eine von ZEEB (77) durchgeführte Untersuchung über das Wahlverhalten von Rindern, bei der den Tieren die Wahl gelassen wurde, ihren Aufenthalt im Stall, auf einer freien Außenfläche oder im Wald auszusuchen, ergab, daß bei 10°C nur 17 % der Tiere den Stall aufsuchten, bei 5°C jedoch schon 28 %. Auf der Fläche hielten sich bei 5°C 64 %, bei 10°C 78 % der Tiere auf. Trotz hoher Tagestemperaturen von 28°C sind noch 83 % der Tiere auf der Fläche. Ab 34°C verteilen sich die Tiere vorwiegend auf Stall und Wald, wobei der Wald bevorzugt wird. Bei 31°C sind noch 70 % auf der Fläche, von 34 bis 36°C sind nur noch 42 % auf der Fläche.

BERMAN und MELZER (2) geben an, daß eine trockenstehende Kuh Temperaturen bis 24°C aushalten kann ohne zu schwitzen, und 40°C bei Schwitzen bis zu 50 % des maximalen Schwitzvermögens. Bei Kühen mit einer Milchleistung von 30 kg/Tag liegen die entsprechenden Werte bei 12 bzw. 24°C .

b) Feuchte

Die Feuchtigkeit der Luft im Stall ist von großer Bedeutung. Sie entsteht zum größten Teil aus der Feuchtigkeitsabgabe der Tiere.

SCHIRZ (63) zählt folgende Vorgänge im Stall auf, bei denen Wasserdampf entsteht:

- Atmung der Tiere
- Transpiration
- Perspiratio insensibilis
- Verdunstung von Wasser aus Kot, Harn, Flüssigmist und Reinigungswasser
- Verdunstung von Wasser aus Tränken und Flüssigfutter.

Nach HÖRNICKE (23) entzieht die Verdunstung von einem Liter Wasser auf der Körperoberfläche dem Körper rund 580 Kcal. Damit ist die Verdunstung der wirksamste Weg der Wärmeabgabe. Nach KALICH (32) liegt die durchschnittliche Wasserdampfabgabe in g je GVE und Stunde beim Rind bei 300 (bei ca. 18° C und 75 % rel. Feuchte). Bei einer schlechten oder gar nicht existierenden Lüftung entsteht nun ein *circulus vitiosus*: Bei hohen Temperaturen transpirieren die Tiere, geben somit Wasser und Wärme an die Luft ab. Somit entstehen noch höhere Temperaturen im Stall und ein noch höherer Feuchtigkeitsgehalt der Luft, wodurch die Tiere noch mehr schwitzen.

Luft kann nach RENTSCHLER (56) nur eine bestimmte Menge an Wasser aufnehmen, soviel, bis der Sättigungsdampfdruck des Wassers erreicht ist, welcher seinerseits von der Temperatur abhängig ist. Kalte Luft kann weniger Wasser aufnehmen als warme Luft. Die Differenz zwischen dem Sättigungsdampfdruck und dem tatsächlich vorhandenen Dampfdruck nennt man das Sättigungsdefizit, das Verhältnis der beiden (in Prozent ausgedrückt) ist die relative Luftfeuchte.

SOMMER, GREUEL und MÜLLER (62) zeigen die Relationen zwischen Lufttemperatur, maximaler und relativer Feuchte auf:

Tab. 10

(H₂O in g/m³)

Temperatur °C	+40	+30	+20	+10	±0	-10	-20
bei max. Feuchte	51,2	30,4	17,3	9,4	4,9	2,4	1,1
bei rel. Feuchte 80%	40,9	24,3	13,8	7,5	3,9	1,9	0,9
bei rel. Feuchte 60%	30,7	18,2	10,4	5,6	2,9	1,4	0,7

Je wärmer die Stallluft ist, um so niedriger sollte die rel. Feuchte sein.

HEINRICH (17) meint, daß in allen Produktionsstufen der Rinderhaltung der obere Grenzwert der rel. Feuchte mit 85 % und der Optimalbereich zwischen 60 und 80 % liegen.

PETERSEN (52) gibt als günstigsten Bereich für Mastrinder 77 %, für Milchkühe 76 %, für Zuchtkälber 74 % und für Mastkälber 72 % an.

RIST (57) hält den Bereich zwischen 50 und 80 % für alle Produktionsstufen für optimal.

Bei MÜLLER (46) liegen die Anforderungen für Milchkühe zwischen 60 und 85 %.

In der DIN 18910 (12) wird der Maximalwert mit 85 % angegeben.

HILLIGER (21) gibt als Maximalwert für Kälberhaltung ohne Anbindung mit und ohne Einstreu 95 % an. Mit Anbindung und mit Einstreu gelten ebenfalls 95 %, ohne Einstreu jedoch nur 90 %. Diese Angaben stammen aus dem für das BMELF angefertigte Gutachten zur tierschutzgerechten Haltung der Nutztiere.

Daß hohe Feuchtigkeit in den Ställen ein weitverbreitetes Übel ist, zeigen die Untersuchungen von BURKERT (10), LUDWIG (41), WOLFHARD (76) und HUBER (24). BURKERT fand bei seinen Wintermessungen eine durchschnittliche Feuchte bei allen Ställen von 91 %, als Extremwerte maß er 98 und 74 %. Die Messungen LUDWIGs ergaben, ebenfalls im Winter, einen Durchschnitt von 85,13 % mit Extremwerten von 67 und 99 %. 82,7 % rel. Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt fand WOLFHARD. Der niedrigste Wert lag nach HUBER bei 74 %, der höchste bei 94 %, gemessen wurde in der Stallmitte.

Daß die Feuchtigkeit im Stall schädlich ist, sieht am ehesten an ihrer zerstörerischen Macht am Mauerwerk. Wasser in den Wänden erhöht die Leitfähigkeit für Wärme, zersetzt das Bauma-

terial, besonders unterhalb von Fenstern. Tauwasser schlägt sich an den Scheiben nieder, läuft ab und versickert im Mauerwerk. Nach BORCHERT (5) soll man das Tauwasserproblem aber nicht überbewerten. Das Problem der Oberflächenkondensate sei in Kaltställen nun einmal unvermeidbar. Schließlich sei die stärkste Belastung der Bauteile mit Unterbrechungen - je nach Klimazone - nur an etwa 30 bis 45 Tagen pro Jahr zu erwarten. Da keine dauernden Feuchtigkeitsbelastungen der Bauteile auftreten, seien zeitweilige Durchfeuchtungen durchaus zu ertragen, wenn hierfür die notwendigen Voraussetzungen geschaffen seien:

- Wahl von Konstruktionen, die eine sichere Tauwasserableitung und eine schnelle Wiederaustrocknung gewährleisten;
- wasser- und frostbeständige Baustoffe und Verbindungen;
- wetterbeständige Imprägnierung von Holz- und Holzwerkstoffen;
- dauerhafter Korrosionsschutz von Metallen, einschließlich Beschlägen.

Doch nicht nur Bauteile werden durch die Feuchtigkeit im Stall erheblichen Belastungen unterworfen. MISSENARD (44) schreibt hierzu: "Man begreift, daß die Luftfeuchtigkeit für die Verbreitung von Epidemien eine große Rolle spielt. Wenn der hygrometrische Grad fast den Sättigungspunkt erreicht, bilden die Mikroben ebenso wie die Staubpartikelchen durch Kondensation der Feuchtigkeit winzige Tröpfchen. Ihre Diffusionsfähigkeit ist außerordentlich groß. Unter Einwirkung eines Sogs können sie Watte in einer Dicke von 10 bis 26 cm durchdringen, während Staub aufgehalten wird. Ihre Fähigkeit, in einen Organismus einzudringen, hat TRILLAT experimentell nachgewiesen, indem er Meerschweinchen trockene und feuchte Staubpartikelchen einatmen ließ. Nachdem die Tiere eine Minute lang diesen Versuchen unterworfen waren, zeigte es sich, daß die feuchten Bakterien bis an die entferntesten Wände der Lunge vorgedrungen waren, während selbst nach einem 15 Minuten langen Versuch in trockener Luft keinerlei Staub in der Lunge festgestellt werden konnte".

KALTENBÖCK (34) meint, daß auch die Intensität des Parasiten-

befalls mit erhöhter Luftfeuchte steigt.

c) Abkühlungsgröße und Luftbewegung

Da jeder GVE im Stall nur eine bestimmte, nicht veränderbare m^3 -Zahl an Raum zur Verfügung steht, muß die Luft als Träger der Klimafaktoren ausgetauscht werden.

Soll aus einem Rinderstall die von den Tieren abgegebene Wassermenge regelmäßig mit Hilfe einer Lüftung bis zu einer rel. Luftfeuchte von 80 % entfernt werden, dann sind nach KALICH (30) bei Außentemperaturen von -15°C folgende Luftmengen erforderlich:

Tab. 11

Stalltemperatur ($^\circ\text{C}$)	Luftmenge ($\text{m}^3/\text{h}/\text{GVE}$)
± 0	122
+ 5	68
+10	45
+15	33
+20	23

Je höher also die einströmende Luft im Stallraum erwärmt werden kann, desto kleiner darf der Luftwechsel sein.

MÜLLER (46) verlangt für die Sommerlüftung beim Milchvieh ca. $240 \text{ m}^3/\text{h}/\text{GVE}$ als Maximalgröße, für die Winterlüftung ca. $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{GVE}$ als Mindestgröße.

HILLIGER (20) zitiert aus der DIN 18910 die Mindestluftstraten je Tier in m^3/h in Nutztierställen im Sommer für Rinder mit unterschiedlichem Gewicht:

Tab. 12

Tiergewicht in kg	60	100	150	200	300	400	500	600	800
Sommertemperaturzone $\geq 26^\circ\text{C}$	65	94	129	163	223	275	319	354	400
Sommertemperaturzone $< 26^\circ\text{C}$	48	70	97	122	167	206	239	266	300

WANDER (74) gibt die Abluftraten im Winter für Rinderställe nach dem Wasserdampfmaßstab entsprechend dem Tiergewicht an:

Tab. 13

Stall für	Tiergewicht kg	Luftraten nach dem Wasserdampfmaßstab bei Außentemperaturen von	
		-16° C m³/h Tier	0° C m³/h Tier
Milchkühe, Zuchtkälber, Zuchtbullen, Jungviehauf- zucht, Abkalbung	60	13	30
	100	18	42
	150	24	55
	200	29	67
	300	39	90
	400	47	110
	500	54	126
	600	60	140
	800	67	157
Jungviehmast, Mastbullen	150	17	17
	200	21	33
	300	28	45
	400	34	54
	500	39	62
	600	43	69
Mastkälber	60	10	16
	100	14	22
	150	18	29
	200	22	35

STIETENROTH (69) unterteilt in die Klimazonen I = rauh, II = mittel, III = mild:

Als kleinste Luftrate im Winter nach dem Wasserdampfmaßstab fordert er (in m³/h/GVE) für I = 71, II = 63, III = 58. Als kleinste Luftrate in den Übergangsjahreszeiten setzt er für alle drei Klimazonen einen Wert von 114 m³/h/GVE an. Als größte Luftrate im Sommer verlangt er 240 m³/h/GVE, was bei 20 m³ Stallraum je GVE einer Luftwechselzahl von 12 entspricht.

HEINRICH (17) kommt zu folgenden Werten:

Tab. 14

		Mittlere Lebendmasse	Sommerluft- rate ohne Luftkühlung	Winterluft- rate
		kg/Tier	m ³ /h Tier	m ³ /h Tier
Rind	Kalb			
	bis 2 Monate	40	40	15
	über 2 bis 4 Monate	110	90	20
	Jungrind 6 Monate	180	100	30
	1 Jahr	300	150	40
	2 Jahre	450	200	50
	Mastrind 6 Monate	225	150	30
	1 Jahr	400	200	50
	1,5 Jahre	500	230	70
	Kuh	500	300	70

Um hohe Luftwechselraten in einem Stall zu erreichen, muß die Luft oft mit großer Geschwindigkeit in den Stall eingebracht werden, wo sie dann häufig ungebremst die Tiere erreicht. Das Wärme- und Kälteempfinden kann man nicht allein mit dem Thermometer beurteilen, da es abhängig ist von Luftgeschwindigkeit und Temperatur. In der Abkühlungsgröße hat man ein Wertmaß gefunden, welches beide Faktoren vereint. Es gibt an, wieviel Wärme (in mcal) je m² Oberfläche und Sekunde einem Probekörper entzogen wird.

DORNO (13) stellte nach Befragung eines großen Personenkreises über die Wärmeempfindung folgende Tabelle auf:

Tab. 15

Empfindung	Abkühlungsgröße
unangenehm kalt	20,0
kalt	15,0
angenehm kalt	12,0
kühl	10,0
angenehm kühl	7,5
angenehm warm	5,0
warm	2,5

FUHRIMANN (14) gibt folgende Werte für den Rinderstall an:
Minimum 7,0 mcal/cm² sec. und Maximum 9,5 mcal/cm² sec.

Unter Zugluft wird nach STEPHAN (68) ein ständig aus gleicher Richtung blasender schwacher Luftstrom verstanden, der als schädlich angesehen wird, da der durch ihn entstehende Reiz unterschwellig bleibt und die Thermoregulationseinrichtungen des Körpers nicht in Funktion treten.

Die Grenzen der Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich der Tiere ohne Zugbelastung (nach LGLO - 1946) zeigt WANDER (74) in nachstehender Tabelle auf:

Tab. 16

Lufttemperatur °C	maximal zulässige Luftgeschwindigkeit in m/sec.
18	0,10
19	0,12
20	0,16
21	0,20
22	0,24
23	0,29
24	0,35
25	0,41
26	0,50

Die Luftbewegung wird ab 0,2 m/sec. als Zugluft empfunden. Das Mindestmaß an Luftbewegung liegt bei 0,1 m/sec..

Um nun dennoch die nötige Menge an Frischluft in den Stall einzubringen, ohne jedoch die Tiere dem Zug auszusetzen, sind verschiedene Luftführungsmodelle erstellt worden.

KOLLER (36) schlägt die Anbringung der Zuluftöffnungen so vor, daß sich eine "Luftwalze" sicher aufbauen kann, denn nur durch sie sei eine Vermischung der Kaltluft mit der warmen Stallluft möglich.

BORCHERT (6) möchte die Luft mit hoher Geschwindigkeit unmittelbar an den Innenflächen der Bauteile vorbeistreichen lassen, so daß ein verstärkter Wärmeaustausch zwischen Luft und Bauteiloberflächen stattfindet, was einen Trocknungseffekt hervorruft

und so auch Tauwasserschäden verhindern kann.

OBER (49) verlangt eine Aufteilung in schlierenartige und möglichst waagrecht gerichtete Luftströme, um damit vorbeugend schädliche Zugluft zu verhindern.

Um Zugluft bei fehlerhafter Frischluftzufuhr auszuschalten, schreiben KOLLER, SÜSS und MATZKE (37), reagieren viele Rindermäster falsch. Sie schließen im Winter ängstlich alle Zuluftöffnungen, und die Ställe werden feucht. Die rel. Luftfeuchte steigt dann meistens bis über 90 % an, auch die Konzentration von Kohlendioxid und Ammoniak erhöht sich dabei zu einem schädlichen Ausmaß für die Rinder.

d) Licht

Die Lichtstrahlen haben nach KALICH (31) wärmende und chemische Wirkung. Sie steigern den Stoffwechsel, begünstigen das Wohlbefinden, wirken anregend und belebend auf den Gemütszustand. Licht kann aber auch die Vitalität steigern, was im Stall nicht unbedingt erwünscht ist. In Mastställen sollte daher das Licht etwas abgedämpft sein.

Als Helligkeitsquellen dienen auf der einen Seite das Sonnenlicht, auf der anderen Seite die künstliche Beleuchtung. Als Einheit der Beleuchtungsstärke dient das Lux. Es ist definiert als die Helligkeit einer Fläche von 1 m^2 , die von einer Hefnerkerze (HK) im Abstand von 1 m bestrahlt wird.

Die Tageslichtkennzahl in % ist die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz bzw. Stall multipliziert mit 100, dividiert durch die Beleuchtungsstärke im Freien.

Nach DIN 18910 geforderte Beleuchtungsstärken:

Tab. 17

Art der Arbeit	Lux*	Tageslichtkennzahl in ‰
grob	40	1,33
mittelfein (z.B. Lesen, Schreiben)	80	2,66
fein	150	5,00
sehr fein	300	10,00
Stall	40	(0,66)

* = Bei den geforderten Luxwerten am Arbeitsplatz wurde eine Außenhelligkeit von 3 000 Lux angenommen.

Die Helligkeit im Stall wird aber nicht nur durch das Sonnenlicht bestimmt, sondern auch durch die Lichtdurchlässigkeit des Verglasungsmaterials und durch das Reflexionsvermögen der Stallbauteile.

KALICH (30) gibt folgende Übersichten:

Tab. 18

Glassorte	gebräuchl. Glasstärken	Lichtdurch- lässigkeit
Fensterglas	2,3 und 3,8 mm	91 ‰ - 97 ‰
Rohglas	3 - 10 mm	90 ‰ - 94 ‰
Drahtglas	3 - 10 mm	71 ‰ - 84 ‰
Vakuum-Glas- bausteine	25 x 12,5 x 6,5 cm	77 ‰ - 86 ‰

Normales Fensterglas absorbiert UV-Strahlen fast völlig.

Reflexionsvermögen verschiedener Wandbeläge bzw. Anstriche:

Tab. 19

weiße Kacheln	85 ‰
Schlemmkreidewand	66,5 ‰
heller Kalkanstrich	60 ‰
gelb getünchte Wand, sauber	40 ‰
gelb getünchte Wand, schmutzig	20 ‰
blaue Tapeten	25 ‰
schwarzbraune Tapeten	4 ‰
schwarzes Tuch	1 ‰

HILLIGER (21) gibt für Rinderställe folgende Beleuchtungsstärken in den Hauptbeleuchtungszonen (HBZ) nach DIN 18910, 1974 an:

Tab. 20

Raumart	HBZ	Beleuchtungsstärke in der HBZ in lx
Tränkkälberstall	Futtergang	60
Milchvieh-Anbindestall	Melkgang	120
	Futtergang	30
	Mistgang	60
Milchvieh-Laufstall	Futtergang	30
Abkalbe- und Krankenstall	Melkgang	120
	Futtergang	30
Mastvieh-, Zucht- bullen-Anbindestall	Mistgang	60
	Futtergang	30
Mastvieh-, Zucht- bullen-Laufstall	Futtergang	60

2. Chemische Faktoren

a) Kohlendioxidgehalt

Die Luft im Stall ändert sich nicht nur durch Aufnahme von Wärme und Feuchtigkeit, sondern auch in den Gehalten der einzelnen Gase.

Der Kohlendioxidgehalt der Inspirationsluft beträgt ca. 0,03 Vol.-%, derjenige der Expirationsluft dagegen 4 Vol.-%. Dadurch wird die Stallluft mit CO₂ angereichert.

Nach KALICH (29) erzeugt ein Rind von 500 kg (= 1 GVE) 160 l CO₂. Dieser Wert ist nur als Mittelwert bei der Berechnung des Gaswechsels im Ruhezustand zu betrachten.

SHAW und MESSER (59) schreiben, daß die CO₂-Ausscheidung bei Körpertemperaturerhöhung zunimmt.

ADAM und ANDREAE (1) sagen, daß sich bei zunehmender rel. Luftfeuchtigkeit der Gasaustausch durch die Haut hindurch vermehrt. So atmet eine Kuh im Gewicht von 600 kg bei einer Tagesleistung von 10 kg Milch, in der Stunde 201,6 Liter CO₂ aus (SKOROHODKO (61)).

Da im Folgenden über Toleranzgrößen bei Schadgasen gesprochen werden wird, möchte ich kurz auf die Begriffe Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration (MAK) und Maximale-Tierplatz-Konzentration (MTK) eingehen: Die Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration ist die Menge eines Gases in der Luft, angegeben in ppm oder in Prozent, welche nicht überschritten werden darf. Als Grundlage gilt die Belastbarkeit des Menschen mit dem betreffenden Gas während eines Acht-Stunden-Tages am Arbeitsplatz. Festgelegt sind die Größen, geltend für den Stall, in der DEUTSCHEN-INDUSTRIE-NORM (DIN) - 18910, Blatt 2 von 1974 (12), die den Titel trägt: "Klima in geschlossenen Ställen".

Der MTK-Wert drückt die veterinärhygienisch maximal zulässige Belastung der Tiere durch die durchschnittliche Konzentration eines toxischen Stoffes aus. Als Dauerbelastung können nach MOTHES und GROTHEWOHL (45) nur etwa 50 % der Konzentrationen der MTK-Werte veranschlagt werden.

MOTHES und GROTHEWOHL geben für CO₂ die MAK mit 5 000 ppm und die MTK mit 3 500 ppm an.

Kohlendioxid ist geruchlos und nicht toxisch. Daher ist nach KALICH (31) der CO₂-Gehalt der Luft als meßbares Anzeichen für eine Luftverschlechterung zu werten. Obwohl das spezifische Gewicht* von CO₂ größer ist als das der Luft, senkt es sich bei Luftzirkulation nicht auf den Boden, sondern wird bei der Ventilation mit aus dem Stall entfernt.

* CO₂ besitzt bei 0° C und 760 mm Hg Luftdruck ein spez. Gewicht von 1,526.

b) Gehalt an Fremdgasen

NH₃

Ammoniak gelangt als Zerfallsprodukt tierischer Exkremente in Form von kohlesauren, salpetrigen oder salpetersauren Salzen in die Stallluft (ADAM und ANDREAE (1)).

Der Gehalt der Luft an NH₃ ist nach MOTHES und GROTHEWOHL (45) temperaturabhängig, weil hohe Temperaturen die Wirkung der ureaseaktiven aeroben Bakterien fördert.

Die Geruchsschwelle von Ammoniak liegt nach RIST (57) bei 5 ppm. Als MAK-Wert werden 50 ppm und als MTK-Wert 35 ppm festgesetzt.

Nach KALICH (29) sind Konzentrationen über 500 ppm NH₃ gefährlich, in Werten von 5 000 bis 10 000 ppm wirken sie in kurzer Zeit tödlich.

H₂S

Die Bildung von Schwefelwasserstoff im Stall geht zurück auf Fäulnisbildung im Kot-Harngemisch. Bei dieser bakteriellen Zersetzung von stickstoffhaltigen Verbindungen, primär also Protein, entstehen gasförmige Spaltprodukte wie NH₃, CO₂, H₂ und eben auch H₂S.

Die Geruchsschwelle liegt nach RIST (57) bei 0,1 ppm. Der MAK-Wert wird mit 11 ppm angegeben, der MTK-Wert mit 7 ppm.

Nach KALICH (29) liegt die tödliche Konzentration bei 5 000 ppm H₂S.

3. Biologischer Faktor

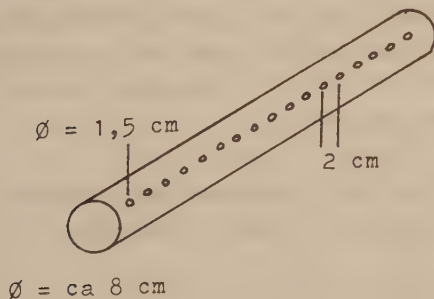
Gehalt an Geruchsstoffen

Nicht nur Schadgase werden bei der Zersetzung von Kot und Harn frei, sondern auch eine Reihe anderer chemischer Verbindungen, die als reine Geruchskomponenten anzusehen sind (KALICH und SCHUH (27)). Es sind dies Aldehyde, Merkaptane, Amine, Methan, Indol, Skatol usw.. Durch das Zusammenwirken dieser Einzelkomponenten mit den Schadgasen NH_3 und H_2S entsteht der typische Stallgeruch (MATTHES (42)).

TERPLAN und WIESNER (71) weisen darauf hin, daß die Übertragung der Geruchsstoffe unmittelbar auf die Milch erfolgen kann, wobei auch Melkanlagen nicht als Barriere gegenüber der Außenwelt wirken. Außerdem werden von der Kuh auch mit der Außenluft Geruchsstoffe aufgenommen und gelangen über das Blut in die Milch.

BOLBECHER (4) schlägt vor, zumindest den Harn schnell und sicher aus dem Stall zu entfernen, was in älteren Ställen mit Einstreu häufig nur unzureichend geschieht. Als optimal betrachtet er verstopfungssichere Kunststoffrohre.

Abb. 7

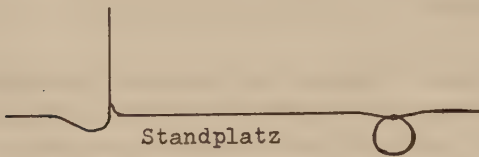


Die Rohre haben einen Durchmesser von ca. 8 cm. Sie haben Löcher von 1,5 cm Durchmesser, die im Abstand von ca. 2 cm in einer Linie eingebohrt sind.

In die Kotplatte eingelassen, sollen die Rohre etwas tiefer als das Bodenniveau, etwa 2 cm, liegen. Das umhüllende Bindematerial, Beton oder Mörtel/Kiesgemisch, sollte ein kleines Gefälle hin zu den oben liegenden Löchern bilden.

Diese Rohre sollen kaum mehr durch Stroh verstopft werden können, sie lassen sich - an einem Ende an einen Wasserschlauch angeschlossen - gut durchspülen und verhindern so eine stehende Urinlache im Stall.

Abb. 8



Nach KALICH (33) kann grundsätzlich gesagt werden, daß es sich bei Geruchsemissionen um zwei verschiedene Vorgänge handelt, die auch unterschiedliche Maßnahmen erfordern, nämlich um solche, die bereits die Entstehung der Gerüche im Stall verhindern und solche, die zur Bekämpfung der im Stall schon entstandenen und mit der Abluft nach außen gelangenden Geruchsstoffe notwendig sind.

Die Bekämpfung bereits im Stall entstandener Gerüche allein, sei es durch Abluftwäsche, Erdfilter oder sogar Desodorantien, ist nach dem heutigen Stand der Technik teuer und dient wohl der Geruchsminderung in der Umwelt, nicht aber der Gesundheit und Leistungssteigerung der Tiere.

Es müssen an erster Stelle die stallhygienischen Maßnahmen stehen, die bereits eine Geruchsentstehung verhindern.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Meine Untersuchungen fanden in 16 Ortschaften der Landkreise Erlangen-Höchstädt (Reg. Bezirk Mittelfranken) und Forchheim (Reg. Bezirk Oberfranken) statt. Teilweise sind mehrere Ortschaften zu Gemeinden zusammengefaßt, einige wurden in das Stadtgebiet von Erlangen eingegliedert.

Kern des Untersuchungsgebietes ist die Stadt Erlangen. TICHY (72) beschreibt sie im Geologischen Atlas von Franken: Für die Entstehung und Entwicklung der Siedlung war und ist die N-S-Achse Frankens, das Regnitztal innerhalb des Fränkischen Beckens, entscheidend. Das Tal und die ihm folgenden Verkehrswege durchqueren das Stadtgebiet. Das Regnitztal bildet zwischen Fürth und Erlangen die Grenze zwischen der offenen Aurach-Zenn-Platte im SW und dem meist von Kiefernforsten bestandenen Burgsandstein-Sandgürtel im Sebalder Reichswald im SO. Bei Erlangen tritt die Regnitz in diesen Waldgürtel ein, um ihn zu durchqueren und von hier an die Ausläufer des Albvorlandes an- und abzuschneiden. Am Fuß eines dieser Ausläufer, vor der sich um 100 m über die Talungen von Regnitz und Schwabach erhebenden Rhätolias-Stufe des Albvorlandes, liegt die Stadt auf den Terrassensanden beider Flüsse. Fünf Landschaftsglieder unterschiedlicher Art sind es, an denen das Stadtgebiet Anteil hat und die es umgeben:

1. das um etwa 40 m eingeschnittene und 1 km breite Sohlental der Regnitz mit seinen Terrassen,
2. die Keuperplatte im SW, die nach NW in die Weiherlandschaft der Ebrach-Aisch-Platte übergeht,
3. die Kiefernforste Mönau und Markwald auf Hügeln und in Mulden des Burgsandstein-Sandgürtels,
4. deren weniger bewegtes Gegenstück im Sebalder Reichswald im SO und
5. das Albvorland im NO.

Den größten Teil der Fläche nehmen die nährstoffarmen Keupersande mit ihren Wäldern und Dünen (z.B. nördlich Tennenlohe) ein. Nur auf undurchlässigen Zwischenschichten finden sich Sümpfe oder konnten Karpfenteiche angelegt werden.

In der Beckenlandschaft, in welcher das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit liegt, unterstreichen Kaltluftansammlungen im Herbst und Winter und die besonders starke Erwärmung im Sommer den kontinentalen Klimacharakter. So werden die mittleren Jahresmaxima von Erlangen (33,7° C) nur von wenigen Stationen des Oberrheingrabens erreicht. In kalten Wintern ist die Bekkenlage durch die Bildung von oft für lange Zeit stabilen Kaltluftseen benachteiligt. Hier ist auch im allgemeinen Ende September mit dem ersten Frost zu rechnen.

II. MATERIAL UND METHODIK

In 48 Rinderställen wurden bautechnische und bioklimatische Untersuchungen vorgenommen.

Die bautechnischen Untersuchungen bezogen sich auf Alter der Ställe und Baumaterialien der Umfassungsmauern, Decken und Tierlager. Weiterhin wurden die Stallraumverhältnisse untersucht. Speziell wurden die Bodenfläche und der Rauminhalt der Ställe gemessen und die Verhältniszahlen zum Tierbesatz - gewertet in GVE - errechnet. Hinzu kam die Erfassung der vorhandenen Lüftungssysteme.

Bei der bioklimatischen Untersuchung der Ställe wurde die Temperatur ermittelt, außen im Schatten und im Stall. Weiterhin wurde die relative Luftfeuchtigkeit gemessen, ebenfalls außen und innen. Im Stall wurde die Abkühlungsgröße festgestellt. Die Luftbewegung konnte daraus unter Einbeziehung der Temperatur errechnet werden. Hinzu kam im Stall die Erfassung der Werte vom Kohlendioxid-, Ammoniak- und Schwefelwasserstoffgehalt der Luft.

Beobachtet wurde auch eventuell auftretendes Tauwasser.

Alle Beobachtungs- und Meßwerte wurden in den Tafeln 1 - 6 niedergelegt. Im folgenden Text werden daraus nur die wesentlichen Kennwerte und Ergebnisse aufgeführt.

1. Zeitpunkt der Untersuchungen

Die Untersuchungen begann ich im Januar 1979 und beendete sie im August 1980.

Die baulichen Auswertungen nahm ich im Herbst 1979 und im Sommer 1980 vor. In Skizzen der Grundrisse der Ställe wurden die jeweiligen Abmessungen und Beurteilungen eingetragen.

Die stallklimatischen Messungen erfolgten:

1. Im Frühjahr von März bis Mai 1980,
2. im Sommer von Juni bis August 1980,
3. im Herbst von Oktober bis einschließlich November 1980
und
4. im Winter von Januar bis Februar 1979 und von Dezember 1979 bis Februar 1980.

Bis auf die Sommermessungen untersuchte ich die Stallungen morgens vor der Stallarbeit. Fenster und Türen waren noch von der Nacht her verschlossen, so daß ein möglichst unverfälschtes Bild erhalten werden konnte. In den Sommermonaten waren die Fenster teils entfernt, teils in Kippstellung. Die Tore waren meist auch in der Nacht ganz geöffnet. Die Messungen nahm ich in den frühen Nachmittagsstunden vor, um die Klimaverhältnisse bei den Tages-Höchst-Temperaturen erfassen zu können.

2. Die Witterungsverhältnisse während der Meß-Perioden

Die angegebenen Werte stammen aus dem TAGEBUCH DES WETTER-AMTES (70), Deutscher Wetterdienst, Meßstation Erlangen. Die

Daten wurden im Frühjahr, Herbst und Winter um 7^h gewonnen, die für den Sommer um 14^h. Dies entspricht auch etwa meinen Meß-Zeitpunkten, die, außer im Sommer, nie später als 6.30 h lagen.

Frühjahr

Die Durchschnittstemperatur lag im März 1980 bei 2,7° C um sieben Uhr morgens, im April bei 3,3° C und im Mai schon bei 8,3° C. Im März und April gab es noch geringen Frost bis -2,6° C. Im März lag die durchschnittliche relative Feuchte bei 88 %, im April wurde es feuchter, die Werte lagen bei 91 %, im Mai jedoch sanken sie dann auf 80 %.

Im März war es fast ständig bewölkt, die Sonne schien durchschnittlich 2,8 Stunden am Tag. Allerdings muß man berücksichtigen, daß an zwei Tagen die Sonne länger als 8 Stunden schien und an drei Tagen mehr als 6 Stunden. Im April nahm die Bewölkung ab und die Zahl der Sonnentage demnach zu. Die Sonne drang im Durchschnitt 4 Stunden am Tag durch die Wolken. Der Mai war sonnig, nur 6 Tage waren trübe. An 12 Tagen gab es noch geringe Niederschläge.

Sommer

Der Sommer begann mit warmem Wetter. Die Durchschnittstemperaturen lagen im Juni um 14^h bei 19,3° C, im Juli bei 18,2° C. Das letzte Drittel des Juli und die ersten beiden Drittel des August wurden heiß. So lag die Durchschnittstemperatur im August bei 22,3° C.

Die relative Luftfeuchte betrug im Monatsmittel im Juni 52 %, im Juli 66 % und im August 50 %.

Herbst

Der Oktober brachte schon Fröste bis $-2,6^{\circ}\text{C}$. Insgesamt lag die Durchschnittstemperatur jedoch noch bei $5,4^{\circ}\text{C}$ um sieben Uhr morgens.

Die relative Luftfeuchtigkeit war mit 91 % im Durchschnitt hoch. An einem Tag erreichte sie sogar 100 %, zwei Tage später waren es aber nur noch 58 %.

Niederschläge gab es im Oktober kaum, Regen gab es nur an 8 Tagen.

Im November sanken die Durchschnittstemperaturen auf $3,0^{\circ}\text{C}$.

Die relative Luftfeuchtigkeit erreichte 93 % am Morgen. Es regnete an 21 Tagen und die Sonne zeigte sich im Durchschnitt nur knapp eine Stunde am Tag.

Winter

Im Winter 1978/79 führte ich erste Test-Messungen in Ställen durch, begann mich für die Thematik dieser Arbeit zu interessieren, bevor ich Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. J. KALICH um die Durchführung der Arbeit und die Überlassung des Themas bat. Die Daten der Test-Serie übernahm ich auch in diese Arbeit, da der Winter 1978/79 streng und sehr kalt war, im Gegensatz zu dem folgenden Winter.

So lag die Durchschnittstemperatur im Januar 1979 bei $-6,0^{\circ}\text{C}$. An 18 Tagen lag die Höchsttemperatur unter 0°C . An 10 Tagen herrschten Temperaturen von unter -10°C . Die relative Luftfeuchtigkeit lag bei 85 %, die Sonne war meist verhangen, an 13 Tagen schien sie überhaupt nicht.

Der Februar war milder. Die Durchschnittstemperatur lag bei

-1,3° C, die Sonne zeigte sich durchschnittlich 2,1 Stunden am Tag.

Der Winter 1979/80 war sehr viel milder als der vorangegangene. Im Dezember 1979 gab es Tage, an denen bereits um sieben Uhr morgens eine Temperatur von 10 bis 11° C herrschte. An nur 5 Tagen sank die Temperatur unter 0° C. So betrug der Durchschnittswert für Dezember 3,7° C.

Im Januar 1980 wurde es dann kalt. Die Temperaturen sanken auf durchschnittlich -2,7° C, wobei um 7^h das Thermometer nur an zwei Tagen Werte unter -10° C zeigte.

Im Februar wurde es bis zur Mitte des Monats wärmer mit Temperaturen über 0° C. Dann folgten kältere Tage, jedoch sanken die Temperaturen nicht unter -5,5° C.

Die relative Luftfeuchtigkeit lag etwas höher als im Jahr zuvor. Die Durchschnittswerte lagen im Dezember 1979 bei 89 %, im Januar und Februar 1980 je bei 90 %.

Der Himmel war bis Mitte Februar 1980 meist verhangen; erst danach zeigte sich die Sonne 7 bis 9 Stunden täglich.

3. Einteilung der Ställe in Gruppen und Zielsetzung

Die achtundvierzig untersuchten Rinderställe teilte ich in drei Gruppen ein:

Gruppe A umfaßt 18 Ställe, die alle über eine Zwangslüftung verfügen.

Gruppe B umfaßt 14 Ställe, die alle über eine Schwerkraftlüftung verfügen.

Gruppe C umfaßt 16 Ställe, die auch über eine Schwerkraftlüftung verfügen, die jedoch alle nach dem System der "Erlanger Luftlöcher" arbeiten.

In der Gruppe C ist der Stall Nr. 35 im Spätsommer 1979 abgebrannt. Die Werte der Sommermessung stammen von dem inzwischen neu errichteten Stall. Ebenfalls in Gruppe C brannte der Stall Nr. 43 im Sommer 1980 ab. Er bestand zu diesem Zeitpunkt aus einem alten Stall und einem neuen Anbau, der über eine Massivdecke verfügte. Das alte Gebäude ist bis auf die Grundmauern niedergebrannt, beim neuen Anbau verbrannte nur der Dachstuhl. Das Feuer brach am späten Nachmittag aus. Die Massivdecke des Anbaus hatte gehalten, der Rauch war durch das offene Tor und die Erlanger Luftlöcher abgezogen. Die Tiere (alle konnten gerettet werden) konnten noch in der Nacht in den Anbau zurückgebracht werden. Sommermessungen konnten in diesem Stall nicht mehr vorgenommen werden.

Die zu messenden Ställe wurden willkürlich herausgegriffen. Als Voraussetzung wählte ich Rinderställe mit einem Mindestbesatz von 20 GVE. Durch Verkauf von Tieren sank leider die Zahl der GVE in 4 Ställen auf 14, 15 und zweimal auf je 17 GVE. Ich behielt dennoch diese Ställe in meinen Meßreihen.

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Frage zu beantworten, ob Schwerkraftlüftungen, und hier speziell die "Erlanger Luftlöcher", genauso leistungsfähig sein können wie Zwangslüftungen.

Zwangslüftungen sind von der Technik anhängig, von Maschinen, die dem Verschleiß unterliegen. Nur durch ständiges Intakthalten der Anlagen ist es möglich, auch ihre Leistung zu erhalten. Der Wartungsaufwand bei Schwerkraftlüftungen ist ungleich geringer. Die Anschaffungskosten liegen bei den Zwangslüftungen erheblich über denen der Schwerkraftlüftungen. Betriebskosten fallen nur bei Zwangslüftungen an.

4. Untersuchungsgang und Beschreibung der Meßgeräte

Vor Messungsbeginn unternahm ich regelmäßig einen Stallrund-

gang, um mit den eigenen Sinnesorganen wahrnehmbare Veränderungen innerhalb des Stalles festzustellen. Ich betrachtete gewissenhaft Stallwände und -decken auf vorhandenes Tauwasser oder auf Veränderungen von Mauerwerk, Putz und Anstrich, die durch Tauwasser entstanden sein könnten. In allen Fällen befragte ich die Bauern nach der Ursache derartiger Veränderungen.

In den Unterhaltungen mit den Landwirten achtete ich besonders auf Angaben über Stallteile, in denen häufig Erkrankungen auftreten. In einem Stall fand ich einen Standplatz innerhalb einer Reihe leer. Auf meine Frage nach dem "warum", wurde mir - in diesem Falle von meinem Lehtierarzt Dr. K. BOLBECHER - erklärt, daß an diesem Stand die Kühe regelmäßig verwerfen. Bei der genauen Betrachtung des Platzes stellte ich fest, daß vor dem Stand ein schlecht isolierter Abzugsschacht mündet, dessen Innenfläche mit einem dichten Schimmelpilzrasen überzogen war. Dr. BOLBECHER hatte dies schon vor mir entdeckt und den Standplatz räumen lassen.

Die Messungen nahm ich in der Regel in der Stallmitte vor, indem ich Polymeter und Katathermometer in 1 m Höhe an einem Stativ befestigte. Die Gasmessungen nahm ich in Kopfhöhe der Tiere vor.

Da ich bereits als Praktikant alle Bauern recht gut kennengelernt hatte, wurden mir keinerlei Schwierigkeiten bei meiner Arbeit bereitet. Alle Landwirte waren sehr hilfsbereit und interessierten sich sehr für die Auswertung der Meßergebnisse.

Die Temperatur wurde mit einem Quecksilberthermometer gemessen.

Die Bestimmung der Feuchtigkeit nahm ich mit Hilfe des Lambrecht'schen Polymeters vor. Es besteht aus einem Quecksilberthermometer und einem Haarhygrometer. Als Meßelement des Hygrometers dient ein Haarstrang, dessen Längenänderung von der Feuchtigkeit abhängig ist. Je höher die relative Feuchte der

Luft ist, desto länger dehnt sich der Haarstrang und umgekehrt. Die Längenänderung des Haarstranges bewirkt über einen Hebel die zentrische Bewegung eines Zeigers, der über eine Skala wandert und dort die relative Feuchte in Prozent anzeigt.

Zur Regeneration und Kontrolle des Meßelementes umhüllte ich alle 2 Tage das Hygrometer mit einem feuchten Tuch für die Dauer von 45 Minuten. Innerhalb dieser Zeit mußte der Zeiger die 95 %-Marke erreicht haben. Etwaige Abweichungen korrigierte ich an der oben befindlichen Einstellschraube.

Zur Messung der Abkühlungsgröße (AKG) benutzte ich das Katathermometer. Es ist ein Alkoholstabthermometer. Vor Beginn der Messungen tauchte ich das untere Thermometerende, welches als Alkoholgefäß dient, in ein Wasserbad von 50 bis 80° C ein, bis die am oberen Ende angebrachte Ampulle zu etwa 1/3 ihres Volumens mit rot gefärbtem Alkohol gefüllt war. Anschließend trocknete ich das Katathermometer sorgfältig ab und hängte es pendelfrei in 1 m Höhe über dem Stallboden an ein Fotostativ. Mit einer Stoppuhr maß ich die Zeit, welche der Alkoholfaden benötigte, um von der Temperaturmarke 38° C auf die Temperaturmarke 35° C herabzusinken. Die Abkühlungsgröße wird rechnerisch ermittelt, in dem man die auf dem Gerät angegebene Eigenkonstante des Thermometers dividiert durch die gestoppte Zeit.

$$AKG = \frac{\text{Gerätekongstante}}{\text{gestoppte Zeit (s)}}$$

Die Luftbewegung wurde ermittelt mit Hilfe einer Tabelle, in der ich die Werte in m/sec. ablesen konnte mittels meiner vorher gefundenen Werte der Abkühlungsgröße und der dazugehörigen Temperatur. Sich ergebende Zwischenwerte mußten interpoliert werden.

Der CO₂-Gehalt und der Gehalt an Fremdgasen der Luft wurde mit dem Dräger'schen Gasspürgerät gemessen. Nach LEICHNITZ (40) handelt es sich um eine von Hand zu betätigende Balg-

pumpe. Mit jedem Hub fördert diese Pumpe 100 cm³. Die Gasspürpumpe saugt also die Gasprobe nicht nur an, es erfolgt auch mit jedem Hub gleichzeitig eine Volumenmessung. Die Arbeitsweise ist daher die einer Dosierpumpe. Der Balg der Gasspürpumpe besteht aus Neopren. In die Ansaugöffnung der Pumpe wird ein Teströhrchen für die zu messende Gasart eingesetzt, dessen zugschmolzene Endspitzen vorher abgebrochen werden müssen. Die zu untersuchende Luft strömt durch das mit einer Reagenzsubstanz gefüllte Teströhrchen. Das in der Luft enthaltene und zu messende Gas bewirkt im Test-Röhrchen einen Farbumschlag der Reagenzsubstanz, an dessen Abgrenzung mittels einer auf dem Röhrchen angebrachten Skala der gemessene Wert direkt abgelesen werden kann.

Zur Bestimmung des CO₂-Gehaltes der Luft benützte ich das Dräger-Röhrchen Kohlendioxid 0,01 %/a. Der Standardmeßbereich reicht von 0,01 bis 0,3 Vol.-% CO₂. 10 Hübe der Gasspürpumpe sind nötig. Die relative Standardabweichung beträgt 15 bis 10 %. Als Reagenzien dienen Kristallviolett und Hydrazin. Der Farbumschlag geht von Weiß nach Violett. Andere Gase und Dämpfe beeinflussen die Anzeige nicht.

Reaktionsprinzip:

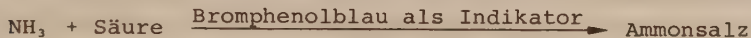


Für Bereiche über 0,3 Vol.-% CO₂ benützte ich das Dräger-Röhrchen Kohlendioxid 0,1 %/a. Der Standardmeßbereich reicht von 0,1 bis 1,2 Vol.-% CO₂. 5 Hübe der Gasspürpumpe sind nötig. Die relative Standardabweichung beträgt 10 bis 5 %.

Zur Bestimmung des NH₃-Gehaltes der Luft benutzte ich das Dräger-Röhrchen Ammoniak 5/a. Der Standardmeßbereich reicht von 5 bis 70 ppm Ammoniak. 10 Hübe der Gasspürpumpe sind nötig. Die relative Standardabweichung beträgt 15 - 10 %. Als Reagenz dient Bromphenolblau und Säure. Der Farbumschlag geht von Orange nach Dunkelblau.

Querempfindlichkeit: Hydrazin und 1,1-Dimethylhydrazin reagieren mit der gleichen Empfindlichkeit wie das Ammoniak (bezogen auf ppm). Organische Basen (z.B. Amine) werden ebenfalls angezeigt, jedoch meist mit anderer Empfindlichkeit.

Reaktionsprinzip:

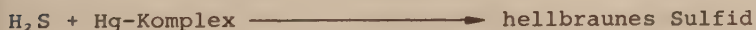


Zur Bestimmung von NH_3 -Konzentrationen unter 5 ppm saugte ich die zu untersuchende Luft mit mehr als 10 Hüten durch das Röhrchen. Die Auswertung erfolgte nach folgender Formel:

$$\frac{\text{abzulesender Zahlenwert}}{\text{Hubzahl der Pumpe}} \cdot 10 = \text{ppm NH}_3$$

Zur Bestimmung des H_2S -Gehaltes der Luft benutzte ich das Dräger-Röhrchen Schwefelwasserstoff 0,5/a. Der Standardmeßbereich reicht von 0,5 bis 15 ppm Schwefelwasserstoff. 10 Hübe der Gasspürpumpe sind nötig. Die relative Standardabweichung beträgt 10 bis 5 %. Als Reagenz dient ein Quecksilberkomplex. Der Farbumschlag geht von Weiß nach Hellbraun. Bisher wurde kein Störeinfluß durch andere Gase und Dämpfe beobachtet.

Reaktionsprinzip:



III. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

1. Alter der Ställe

Das Durchschnittsalter aller Ställe liegt bei 19,3 Jahren. In den einzelnen Gruppen betrug das Durchschnittsalter: (Einzelwerte siehe Tafeln 1, 3 und 5)

Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen)	15,9 Jahre
Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen)	24,0 Jahre
Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöcher)	17,9 Jahre

Das Durchschnittsalter zeigt, daß es sich um relativ neue Ställe handelt. Über 50 Jahre alt sind nur 4 von 48 Ställen. Das hohe Durchschnittsalter von Gruppe B wird stark beeinflußt durch einen Stall mit 110 Jahren.

2. Baumaterial

Baumaterialien der Umfassungsmauern

Tab. 21

Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen)

<u>Material</u>	<u>Zahl der Ställe</u>	<u>Wand-Dicke</u>	<u>Wärmeleitzahl</u>
Ziegel	15 (83,3 %)	30 - 40 cm	0,45
Poroton	1 (5,6 %)	30 cm	0,25
Heraklit	1 (5,6 %)	15 cm	-
Eternit	1 (5,6 %)	20 cm	-

Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen)

<u>Material</u>	<u>Zahl der Ställe</u>	<u>Wand-Dicke</u>	<u>Wärmeleitzahl</u>
Ziegel	10 (71,4 %)	32 - 43 cm	0,45
Poroton	1 (7,1 %)	38 cm	0,12
Holz	2 (14,3 %)	10 u 22 cm	0,25
Sandstein	1 (7,1 %)	30 cm	2,00

Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöcher)

<u>Material</u>	<u>Zahl der Ställe</u>	<u>Wand-Dicke</u>	<u>Wärmeleitzahl</u>
Ziegel	10 (62,5 %)	30 - 42 cm	0,45
Poroton	2 (12,5 %)	30 u 36 cm	0,25
Liapor	1 (6,3 %)	38 cm	0,25
Bims	2 (12,5 %)	30 u 36 cm	0,25
Sandstein	1 (6,3 %)	45 cm	2,00

Der beliebteste Baustoff für die Umfassungsmauern ist der Ziegelstein. Seine Festigkeit und seine niedrige Wärmeleitzahl (0,45) machen ihn zum idealen Mauerstein (vgl. auch Tab. 3, S. 8f.)

Poroton und Liapor sind neuere Produkte aus Ziegel, die bei annähernd gleicher Festigkeit des Ziegels eine noch niedrigere Wärmeleitzahl (0,25) besitzen.

Bims und Holz werden in nur 4 von 48 Ställen als Baustoff der Umfassungsmauern gewählt.

Heraklit und Eternit allein bilden keinen idealen Baustoff für einen Stall. Kombiniert mit Mineralfaserwolle oder einem anderen Dämmstoff, der eine niedrige Wärmeleitzahl besitzt, sind Heraklit und Eternit vorzügliche Versteifungen für diese weichen Materialien. Sie ergeben so zusammen eine preiswerte und wärmedämmende Umfassung für den Stall.

Bei den beiden Sandsteingebäuden handelt es sich um Bauten aus dem vorigen Jahrhundert.

Baumaterialien der Decken

Tab. 22

Material	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Ziegel	2 (11,1 %)	7 (50,0 %)	1 (6,3 %)
Poroton	-	-	1 (6,3 %)
Bims	5 (27,8 %)	2 (14,3 %)	4 (25,0 %)
Holz	1 (5,6 %)	2 (14,3 %)	2 (12,5 %)
Beton	2 (11,1 %)	1 (7,1 %)	2 (12,5 %)
Aluminium	7 (38,9 %)	1 (7,1 %)	1 (6,3 %)
Eternit	1 (5,6 %)	-	-
Heraklit	-	-	1 (6,3 %)
Styropor	-	1 (7,1 %)	4 (25,0 %)

Bims und Poroton liegen hier als Hohlkörper-elemente auf Eisenschienen vor.

Holz, Eternit und Heraklit sind gleichzeitig Dachkonstruktionen, wogegen Aluminium und Styropor die stall-seitige Verkleidung von Betondecken bilden.

Baumaterialien der Tierlager

Tab. 23

Material	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Stallit	10 (55,6 %)	2 (14,3 %)	6 (37,5 %)
Holz	1 (5,6 %)	5 (35,7 %)	2 (12,5 %)
Beton	1 (5,6 %)	3 (21,4 %)	3 (18,8 %)
Gummimatten	5 (27,8 %)	2 (14,3 %)	5 (31,3 %)
Ziegel	1 (5,6 %)	2 (14,3 %)	-

Am weitesten verbreitet im Untersuchungsgebiet ist Stallit als Tierlager. Es erfüllt die Forderungen nach Trittsicherheit und der Möglichkeit nach leichter Reinigung.

Bei Stallneubauten werden häufig Gummimatten als Erstausstattung verlegt.

Bei den Betonböden handelt es sich bis auf einen Stall um Spaltenböden im Boxenlaufstall.

Aus Arbeitsgründen neigen die Landwirte zur einstreulosen Tierhaltung. Treibmistverfahren und Mistschieber machen sie auch aus technischen Gründen erforderlich. Viele Bauern, vor allem ältere, würden gern wieder einstreuen, sei es aus hygienischen oder tierschützerischen Gründen.

Tab. 24Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen)

Ställe mit Einstreu	10 (55,6 %)
Ställe ohne Einstreu	8 (44,4 %)

Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen)

Ställe mit Einstreu	5 (35,7 %)
Ställe ohne Einstreu	9 (64,3 %)

Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöcher)

Ställe mit Einstreu	4 (25,0 %)
Ställe ohne Einstreu	12 (75,0 %)

3. Stallraumverhältnisse

In den 48 untersuchten Ställen befanden sich bis auf eine Ausnahme nur Rinder. In einem Stall (Nr. 40) standen neben den Mastbullen noch zwei Pferde.

Die Durchschnittszahlen von Raumvolumen und Viehbesatz sagen über die einzelnen Ställe nicht viel aus. Ich will die Werte dennoch angeben, um einen kurzen Überblick über die Größenordnung zu geben.

Tab. 25Das durchschnittliche Raumvolumen betrug in:

Gruppe A	620,05 m ³
Gruppe B	444,55 m ³
Gruppe C	799,58 m ³

Der durchschnittliche Viehbesatz war in:

Gruppe A	29,8 GVE
Gruppe B	24,2 GVE
Gruppe C	33,1 GVE

Tab. 25 (Fortsetzung)

Wichtig ist das Raumvolumen, die Kubikmeterzahl, die jedem Rind zur Verfügung steht. Zur Übersicht folgen die Durchschnittswerte der Stallgruppen und ihre Extrema:

Gruppe A	19,8	Extrema: 9,8 und 28,0
Gruppe B	17,7	Extrema: 9,1 und 29,9
Gruppe C	21,4	Extrema: 13,6 und 35,8

Wie bereits oben beschrieben, gibt KALICH (31) den Bedarf an Kubikmetern pro GVE mit 20 bis 25 m³ an. Andere Autoren meinen, daß auch weniger Raum bei "optimaler" Lüftung ausreicht. Bei der Betrachtung der vorliegenden Raumverhältnisse der untersuchten Ställe in Bezug auf die von KALICH geforderten Werte ergibt sich innerhalb der Gruppen folgende Verteilung:

In der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) haben 4 Ställe (22,2 %) mehr als 25 m³ und 12 Ställe (66,7 %) weniger als 20 m³ pro GVE. Zwei Ställe (11,1 %) liegen zwischen 20 und 25 m³ pro GVE. 4 Ställe (22,2 %), mit Kubikmeterzahlen pro GVE zwischen 9,8 und 14,1, kann man als überbelegt bezeichnen. In einem Stall mit 32,3 m³/GVE stehen zu wenige Tiere. Bei 13 Ställen (72,2 %) liegen die Werte zwischen 16,3 und 28,2 m³ pro GVE.

In der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) hat 1 Stall (7,1 %) mehr als 25 m³ pro GVE und 9 Ställe (64,3 %) haben weniger als 20 m³ pro GVE. 4 Ställe (28,6 %) liegen zwischen 20 und 25 m³ pro GVE. 5 Ställe (35,7 %) mit Kubikmeterzahlen zwischen 9,1 und 14,0 kann man als überbelegt bezeichnen. Bei 9 Ställen (64,3 %) liegen die Werte zwischen 16,5 und 29,9 m³ pro GVE.

In der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöcher) haben 6 Ställe (37,5 %) mehr als 25 m³ pro GVE und 7 Ställe (43,8 %) weniger als 20 m³ pro GVE. 3 Ställe (18,8 %) liegen zwischen

20 und 25 m³ pro GVE. 2 Ställe (12,5 %) mit Kubikmeterzahlen pro GVE von 13,6 und 14,0 kann man als überbelegt bezeichnen. In einem Stall (6,3 %) mit 35,8 m³ pro GVE stehen zu wenige Tiere. Bei 13 Ställen (81,3 %) liegen die Werte zwischen 16,9 und 30,1 m³ pro GVE.

Von den 2 Ställen, die als unterbelegt bezeichnet wurden, hat ein Stall eine vorübergehende Volumenverkleinerung erfahren, indem der Landwirt den Leerraum mit Strohballen aufgefüllt hat.

Fenster/Boden-Verhältnis

Das Fenster/Boden-Verhältnis sollte nach KALICH (31) 1 : 20 betragen. Hierbei würde genügend Licht in den Stall gelangen.

In der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen, Gruppe A, liegt der Durchschnitt bei 1 : 21,3. Die Extrema betragen 1 : 10,3 und 1 : 37,3.

In der Gruppe der Ställe mit Schwerkraftlüftungen, Gruppe B, liegt der Durchschnitt bei 1 : 21,3. Die Extrema betragen hier 1 : 11,9 und 1 : 35,4.

In der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöcher, Gruppe C, liegt der Durchschnitt bei 1 : 23,4. Die Extrema betragen 1 : 15,9 und 1 : 35,5.

Aufstallung

In der Gruppe A sind 2 Boxenlaufställe (11,1 %), 8 Ställe (44,4 %) mit Mittellangständen und 8 Ställe (44,4 %) mit Kurzständen vertreten. In 10 Ställen (55,6 %) wird eingestreut.

In der Gruppe der Ställe mit Schwerkraftlüftungen, Gruppe B, sind 1 Stall (7,1 %) als Boxenlaufstall, 5 Ställe (35,7 %) mit Mittellangständen und 8 Ställe (57,1 %) mit Kurzständen vertreten. In 5 Ställen (35,7 %) wird eingestreut.

In der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöchern, Gruppe C, gibt es 1 Liegeboxen-Laufstall (6,3 %), 2 Boxenlaufställe (12,5 %), 4 Ställe mit Mittellangständen und 9 Ställe (56,3 %) mit Kurzständen. In 4 Ställen (25 %) wird eingestreut.

4. Lüftungssysteme

In der Gruppe A befinden sich Zwangslüftungen. Gruppe B dagegen wird mit Schwerkraftlüftungen ventiliert und Gruppe C verfügt nur über die Schwerkraftlüftung der "Erlanger Luftlöcher".

In der Gruppe A waren 14 (77,8 %) Stallungen mit Unterdruckanlagen. 5 davon verfügten über einen Ventilator, 5 über 2 Ventilatoren, 3 Ställe über 3 und ein Stall über 4 Ventilatoren. Ein Stall (5,6 %) verfügte über eine Gleichdruckanlage, die automatisch über einen Thermostat gesteuert wurde. 5 Ventilatoren brachten frische Luft in den Stall, 2 saugten die verbrauchte Luft ab. 3 Ställe hatten je einen Ventilator vor dem Abluftschacht.

Im Durchschnitt stand ein Ventilator zur Bewältigung von 333,1 m³ Luft zur Verfügung.

Leider konnten die Leistungen der Ventilatoren nicht ermittelt werden, da die Bauern nicht über die technischen Unterlagen ihrer Ventilatoren verfügten. Einige wenige Landwirte konnten mir zwar diesbezügliche Angaben machen, aber die Zahl reichte nicht aus um sie statistisch zu bewerten. Häufig war an den Ventilatoren selbst nicht einmal ein Typenschild zu finden. Eine exakte Ermittlung der Lei-

stung der Ventilatoren nach den Herstellerangaben hätte auch nur ein falsches Bild ihrer tatsächlichen Leistung ergeben. Die Wandöffnungen für die Ventilatoren sowohl als auch die Geräte selbst waren oft so voller Spinnweben und sich darin gefangenem Schmutz, daß die Leistungen sicherlich gemindert waren. Nur zu oft liefen Ventilatoren direkt neben einem geöffnetem Fenster. Argumente und Aufklärung verbaler Art über Strömungskurzschlüsse fruchteten in den seltensten Fällen. Eine Demonstration mit dem Rauch aus einem Strömungsprüf Röhrchen dagegen führte stets zur Einsicht bei den Landwirten. Interessanterweise wurde aber in allen Fällen der Ventilator ausgeschaltet, nie aber das Fenster geschlossen, um den Strömungskurzschluß zu unterbinden.

Aus Gesprächen mit den Landwirten erfuhr ich, daß die Ventilatoren fast ständig liefen - es sei denn, sie waren defekt. Und das war nicht selten der Fall. Bei defekten Ventilatoren reduzierte sich dann die gesamte Ventilation meist auf eine reine Fensterlüftung. Leider hatte der Ventilator also für die Bauern meist nur eine Art "Alibi-Funktion". Sie regulierten das Stallklima mit Fenstern, Türen und Toren, sie verließen sich lieber auf das eigene Gefühl dafür, was für ihre Tiere gut ist und was nicht!

Die zweite Gruppe der Ställe, jene mit Schwerkraftlüftungen, Gruppe B, verfügte in 11 Fällen (78,6 %) über Abluftschächte. Diese hatten eine durchschnittliche Höhe von 7,4 m, und bis auf einen erreichten alle die doppelte Stallhöhe. Alle Schächte ragten auch mindestens 50 cm über den Gebäudefirst. Die Forderungen von KALICH (32) (s. S. 17) wurden weitgehend erfüllt.

2 Ställe (14,3 %) wurden nur über Fenster, Türen und Tore ventiliert, und ein Stall (7,1 %) verfügte über eine Lüftung am First. Frischluft wurde über die Fenster eingelassen.

In der dritten Gruppe, C, hatten die Ställe nur die Erlanger Luftlöcher (EL) als Lüftungssystem.

Im Durchschnitt hatten die Ställe 52,4 EL mit einem Rohrdurchmesser von 15 cm. Nur bei einem Stall (6,3 %) betrug der Rohrquerschnitt 10 cm. Umgerechnet auf die Kubikmeterzahl der Ställe mußte 1 EL 15,3 m³ Stallraum ventilieren.

BOLBECHER (4) stellt die Forderung nach 2 EL pro GVE. 11 Ställe (68,8 %) erfüllten diese Forderung nicht. 5 Ställe (31,2 %) übertrafen sie. Im Durchschnitt waren 1,7 EL pro GVE vorhanden. Der kleinste Quotient lag bei 0,94, der größte bei 2,8 EL pro GVE.

Die Landwirte waren lange Zeit sehr skeptisch gegenüber den Erlanger Luftlöchern. Einfach ein paar Rohre in der Wand, wenn auch in einem besonderen Neigungswinkel eingemauert, das kann nichts taugen! So war die größte Befürchtung die, daß der Stall zu kalt werden würde. Die Bauern stopften daher die Rohre oft mit Lappen zu, sobald sich nur ein Schneeflöckchen zeigte. Doch bald kamen sie zu der Einsicht, daß keine Gefahr bestand. Umgekehrt befürchteten viele, daß die relativ kleinen Durchmesser der Rohre noch schneller zugeschmutzt werden würden als die Öffnungen für die Ventilatoren. Die Erfahrung zeigte aber, daß die Schwalben diese Löcher in der Wand als gefahrlose Flugwege in und aus den Stall betrachten, und durch ihren Körper den Weg - und somit die Erlanger Luftlöcher - vor dem Zusintern freihalten.

5. Stallklima

a) Temperatur

In den einzelnen Gruppen fand ich folgende Durchschnittstemperaturen im Stall. Die Werte sind angegeben in °C.

Tab. 26

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	17,6	16,6	17,3
Extrema	15 und 20	13 und 20	14 und 20
Sommer	23,2	21,4	22,6
Extrema	19 und 27	19 und 24	19 und 27
Herbst	15,1	13,7	15,4
Extrema	12 und 18	11 und 16	13 und 17
Winter	12,3	11,6	12,2
Extrema	8 und 15	9 und 15	8 und 14

Die durchschnittliche Außentemperatur lag im Frühling bei 13,4° C, im Sommer bei 21,3° C, im Herbst bei 6,1° C und im Winter bei -4,7° C.

Nach STIETENROTH (69) und GROTH (16) liegt der untere Temperatur-Grenzwert, die Temperatur, die für Rinder noch erträglich ist, bei +7° C. Der obere Grenzwert liegt nach GROTH bei 28° C. Aus den sehr unterschiedlichen Angaben über den "Optimalbereich der Stalltemperatur" habe ich die Spanne von 8 bis 16° C gewählt (vgl. auch Tab. 9, S. 31, Abb. 5, S. 32 und Abb. 6, S. 33).

Den oberen (+28° C) bzw. unteren (+7° C) Grenzwert erreicht keiner der Ställe.

Innerhalb der Spanne von 8 bis 16° C liegt die Verteilung der Ställe wie folgt:

Tab. 27

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	6 (33,3 %)	8 (57,1 %)	7 (46,7 %)
Sommer	0 -	0 -	0 -
Herbst	16 (88,9 %)	14 (100 %)	13 (86,7 %)
Winter	18 (100 %)	14 (100 %)	15 (100 %)

Die folgende Tabell gibt Auskunft über die durchschnittliche Differenz zwischen Stall- und Außentemperaturen innerhalb der vier Jahreszeiten. Die Werte sind angegeben in °C.

Tab. 28

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	3,9	3,8	4,6
Sommer	0,9	2,8	0,8
Herbst	8,7	6,4	10,8
Winter	16,7	16,7	16,7

Im Frühjahr, Herbst und Winter liegen bei allen Ställen die Innen- über den Außentemperaturen. Im Sommer sind - in der Gruppe A - in vier Ställen die Temperaturen innen niedriger als im Freien. Bei einem Stall ist die Außen- und Innentemperatur gleich.

In der Gruppe B ist es in keinem Stall kälter als außen. In zwei Ställen ist die Außentemperatur gleich der Innentemperatur.

In der Gruppe C liegen in 3 Ställen die Temperaturen niedriger als im Freien, in zwei Ställen herrschen innen und außen die gleichen Temperaturen. Dies ist nicht verwunderlich, da im Sommer Türen und Tore der Ställe meist weit geöffnet sind und die Fenster oft sogar entfernt worden waren.

Nach KALICH (25) muß bei der Schwerkraftlüftung eine Temperatur-Mindestdifferenz von 5° C zwischen Außen- und Innentemperatur vorhanden sein, um einen Luftaustausch zu bewirken.

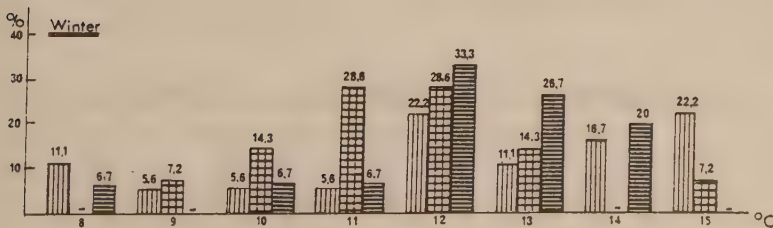
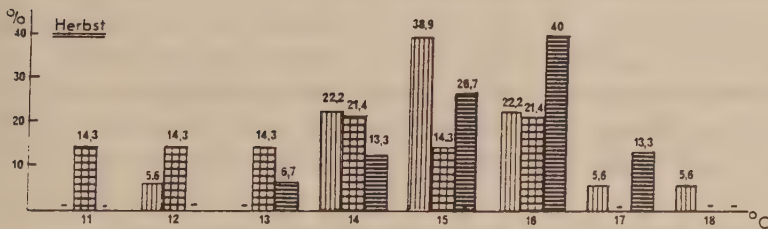
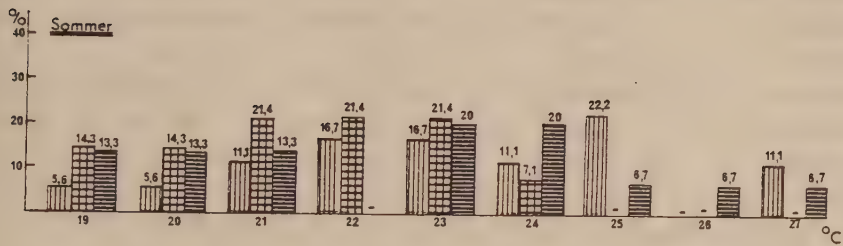
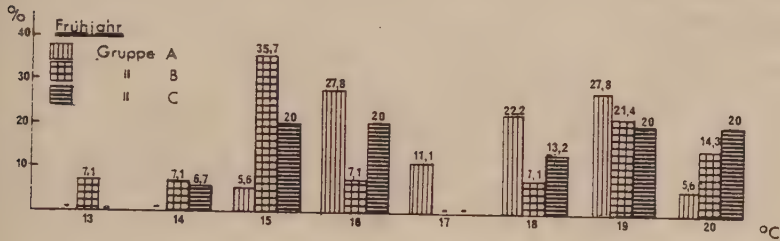
Die Zahlen der Tabelle geben den Anteil der Ställe an, die in den vier Jahreszeiten diese Forderung erfüllen.

Tab. 29

	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	5 (35,7 %)	3 (20,7 %)
Sommer	0 -	1 (6,7 %)
Herbst	12 (85,7 %)	15 (100 %)
Winter	14 (100 %)	15 (100 %)

Diagramm 1

Häufigkeitsverteilung der Ställe in den einzelnen Gruppen bezüglich der Stalltemperaturen in den vier Jahreszeiten.



b) Luftfeuchtigkeit

In den einzelnen Gruppen fand ich folgende Durchschnittswerte für die relative Luftfeuchtigkeit im Stall. Die Werte sind angegeben in %.

Tab. 30

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftungen)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	79,4	76,4	74,1
Extrema	60 und 90	66 und 90	64 und 82
Sommer	66,1	67,4	67,7
Extrema	50 und 80	63 und 72	61 und 81
Herbst	84,3	79,6	83,9
Extrema	72 und 94	61 und 86	74 und 94
Winter	87,6	82,2	82,7
Extrema	72 und 98	72 und 92	60 und 94

Die durchschnittliche relative Feuchte lag außerhalb der Ställe im Frühjahr bei 72,8 %, im Sommer bei 62,6 %, im Herbst bei 82,0 % und im Winter bei 74,1 %.

Der obere zulässige Wert oder obere Grenzbereich der relativen Luftfeuchtigkeit im Stall liegt nach HEINRICH (17) bei 85 %. Der sogenannte "Optimalbereich" wird in der Literatur im allgemeinen zwischen 60 und 80 % abgegrenzt.

Die folgende Tabelle gibt Auskunft über den Anteil der Ställe in den einzelnen Gruppen, die über dem Grenzwert von 85 % rel. Luftfeuchte liegen.

Tab. 31

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	6 (33,3 %)	3 (21,4 %)	0
Sommer	0	0	0
Herbst	7 (38,9 %)	1 (7,1 %)	6 (40,0 %)
Winter	12 (66,7 %)	4 (28,6 %)	8 (53,3 %)

In der folgenden Tabelle werden die Ställe aufgeführt, die innerhalb des Bereiches von 60 bis 80 % rel. Luftfeuchte liegen.

Tab. 32

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftungen)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	9 (50,0 %)	11 (78,6 %)	14 (93,3 %)
Sommer	17 (94,4 %)	14 (100 %)	14 (93,3 %)
Herbst	6 (33,3 %)	6 (42,9 %)	6 (40,0 %)
Winter	4 (22,2 %)	7 (50,0 %)	6 (40,0 %)

Einige Ställe liegen zwischen 80 % und dem oberen Grenzwert von 85 % relativer Luftfeuchtigkeit:

In Gruppe A sind es drei Ställe (16,7 %) im Frühjahr, 5 Ställe (27,8 %) im Herbst und 2 Ställe (11,1 %) im Winter.

In der Gruppe B sind es 7 Ställe (50 %) im Herbst und 3 Ställe (21,4 %) im Winter.

In der Gruppe C sind es je 1 Stall (6,7 %) im Frühjahr, Sommer und Winter; im Herbst sind es 3 Ställe (20 %).

Im Sommer lag 1 Stall (7,1 %) unterhalb von 60 % relativer Luftfeuchtigkeit in der Gruppe A.

c) Abkühlungsgröße

Die Abkühlungsgröße gibt die Menge an Energie in mcal an, die in der Sekunde einem Quadratcentimeter eines Probekörpers entzogen wird.

FUHRIMANN (14) gibt als Grenzwerte der Abkühlungsgröße (AKG) für den Rinderstall folgende Werte an:

Minimum: 7,0 Maximum: 9,5

Diagramm 2

Häufigkeitsverteilung der Ställe in den einzelnen Gruppen bezüglich der relativen Feuchte in den vier Jahreszeiten.

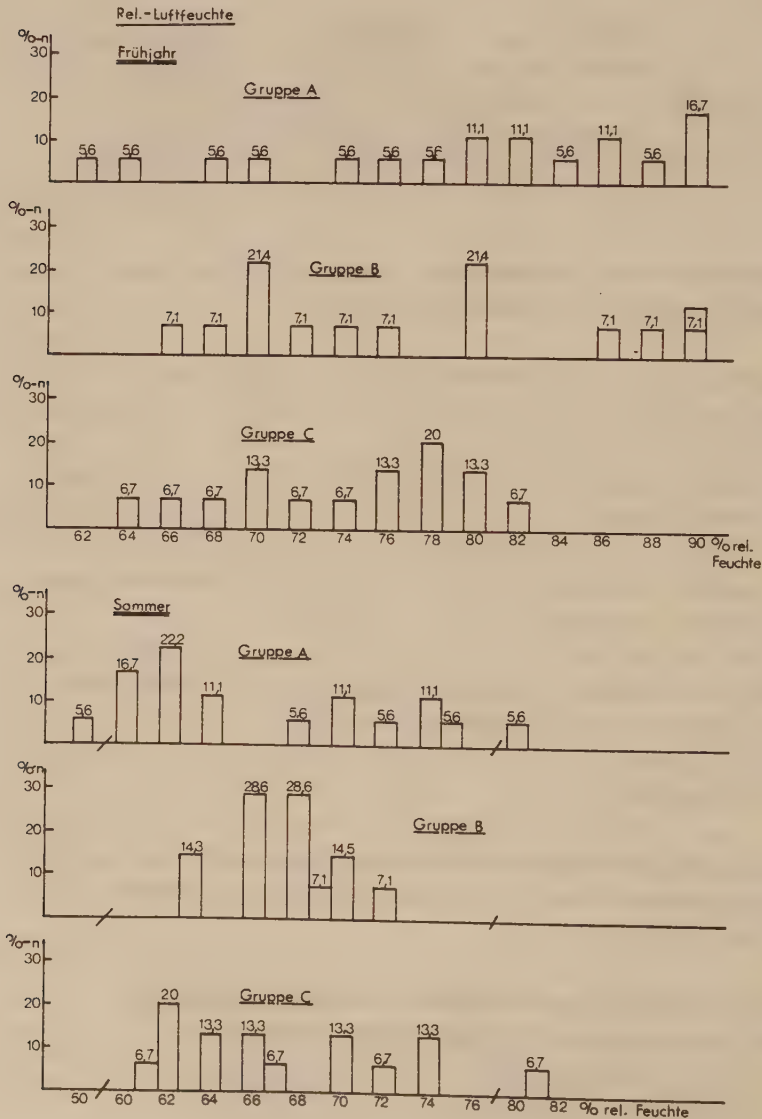
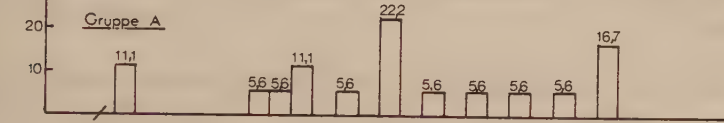


Diagramm 2 (Fortsetzung)

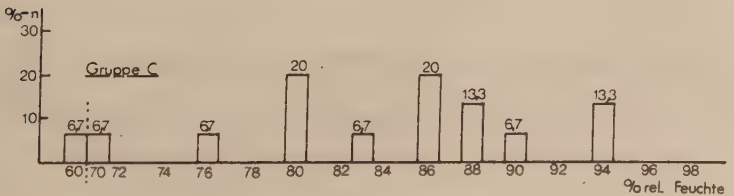
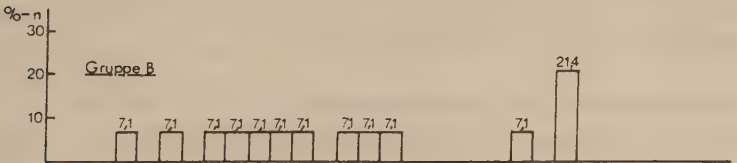
Häufigkeitsverteilung der Ställe in den einzelnen Gruppen bezüglich der relativen Feuchte in den vier Jahreszeiten.

Rel.-Luftfeuchte

Herbst



Winter



Nach DORNO (13) entspricht dies einer Empfindung von etwa "angenehm kühl" bis "kühl". Diese Empfindungen wurden allerdings bei Tests an Menschen festgestellt! (vgl. auch Tab. 15, S. 40).

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ställe die innerhalb der von FUHRIMANN (14) angegebenen Grenzwerte liegen.

Tab. 33

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	6 (33,3 %)	7 (50,0 %)	5 (33,3 %)
Sommer	5 (27,8 %)	2 (14,3 %)	1 (6,7 %)
Herbst	11 (61,1 %)	12 (85,7 %)	7 (46,7 %)
Winter	14 (77,8 %)	12 (85,7 %)	12 (80,0 %)

Unterhalb des von FUHRIMANN angegebenen Grenzwertes von 7,0 liegen folgende Ställe:

Tab. 34

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	12 (66,7 %)	7 (50,0 %)	10 (66,7 %)
Sommer	13 (72,2 %)	12 (84,7 %)	14 (93,3 %)
Herbst	7 (38,9 %)	2 (14,3 %)	8 (53,3 %)
Winter	4 (22,2 %)	2 (14,3 %)	2 (13,3 %)

Im Winter lag 1 Stall (6,7 %) der Gruppe mit den Erlanger Luftlöchern mit 10,2 über dem Wert von 9,5, der von FUHRIMANN als oberer Grenzwert betrachtet wird.

Über die durchschnittliche Abkühlungsgröße in den Ställen der verschiedenen Gruppe gibt folgende Tabelle Auskunft.

Tab. 35

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	6,7	6,8	6,9
Extrema	5,0 und 8,7	5,4 und 8,5	5,7 und 8,5
Sommer	5,9	5,9	5,6
Extrema	3,6 und 9,5	4,5 und 7,5	2,9 und 7,0

Tab. 35 (Fortsetzung)

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Herbst	7,1	7,8	6,7
Extrema	4,8 und 8,9	6,3 und 9,2	5,1 und 7,4
Winter	7,6	7,7	8,0
Extrema	4,9 und 9,4	5,4 und 8,9	6,8 und 10,2

d) Luftbewegung

Als Mindestluftbewegung fordert KALICH (31) einen Wert von 0,1 m/sec..

Die durchschnittliche Luftbewegung zeigt folgende Tabelle auf. Die Werte sind angegeben in m/sec..

Tab. 36

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	0,169	0,144	0,186
Extrema	0,046 und 0,400	0,047 und 0,264	0,061 und 0,510
Sommer	0,475	0,234	0,283
Extrema	0,080 und 2,190	0,105 und 0,523	0,070 und 0,655
Herbst	0,137	0,135	0,097
Extrema	unter 0,042 und 0,197	unter 0,073 und 0,311	unter 0,042 und 0,144
Winter	0,104	0,098	0,113
Extrema	unter 0,042 und 0,212	unter 0,042 und 0,143	0,061 und 0,261

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ställe, die unterhalb des von KALICH (31) geforderten Minimums von 0,1 m/sec. liegen:

Tab. 37

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	4 (22,2 %)	3 (21,4 %)	4 (26,7 %)
Sommer	1 (5,6 %)	0	1 (6,7 %)
Herbst	6 (33,3 %)	6 (42,9 %)	8 (53,3 %)
Winter	11 (61,1 %)	8 (57,1 %)	8 (53,3 %)

Die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur wird von WANDER (74) in Tabelle 16, (S. 41) aufgezeigt. Sie reichen von 0,10 m/sec. bei 18° C bis 0,50 m/sec. bei 26° C Lufttemperatur.

Folgende Tabelle zeigt die Ställe in den einzelnen Gruppen auf, die innerhalb dieses Rahmens liegen. Gleichzeitig wird aber auch der Wert 0,2 m/sec. als Grenzwert berücksichtigt, von dem ab die Luftgeschwindigkeit erst als Zugluft empfunden wird (KALICH (31)).

Tab. 38

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	8 (44,4 %)	8 (57,1 %)	7 (46,7 %)
Sommer	9 (50,0 %)	8 (57,1 %)	6 (40,0 %)
Herbst	12 (66,7 %)	6 (42,9 %)	7 (46,7 %)
Winter	6 (33,3 %)	6 (42,9 %)	6 (40,0 %)

Die Verteilung der Ställe, die Luftgeschwindigkeiten von über 0,2 m/sec. aufweisen bzw. deren Luftgeschwindigkeit über den Maximalwerten von WANDER liegen (vgl. Tab.16, S. 41), zeigt folgende Tabelle auf.

Tab. 39

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	5 (27,8 %)	3 (21,4 %)	4 (26,7 %)
Sommer	8 (44,4 %)	6 (42,9 %)	8 (53,3 %)
Herbst	0	2 (14,3 %)	0
Winter	1 (5,6 %)	0	1 (6,7 %)

e) Kohlendioxidgehalt der Luft

Die folgende Tabelle zeigt die Durchschnittswerte des Kohlendioxidgehaltes der Luft in den Ställen der einzelnen Gruppen. Die Werte sind angegeben in Volumen-%.

Tab. 40

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	0,15	0,14	0,10
Extrema	0,03 und 0,25	0,06 und 0,25	0,04 und 0,15
Sommer	0,09	0,08	0,08
Extrema	0,04 und 0,15	0,04 und 0,15	- und 0,17
Herbst	0,16	0,15	0,15
Extrema	0,08 und 0,25	0,10 und 0,25	0,09 und 0,23
Winter	0,21	0,19	0,18
Extrema	0,10 und 0,40	0,10 und 0,30	0,10 und 0,27

Der niedrigste Wert im Sommer in Gruppe C lag unterhalb des Meßbereichs des Dräger-Röhrchens 0,01 %/a.

Nach MOTHES und GROTHEWOHL (45) beträgt die Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration für CO₂ 5 000 ppm und die Maximale-Tierplatz-Konzentration 3 500 ppm. Die von den Autoren als Dauerbelastung genannte tragbare Konzentration von CO₂ beträgt 50 % des MTK-Wertes, was 1 750 ppm entspricht.

Die Verteilung der Ställe in den einzelnen Gruppen, die unterhalb des Wertes von 0,175 Vol.-% CO₂ der Luft bleiben, wird in der folgenden Tabelle aufgezeigt.

Tab. 41

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Frühjahr	14 (77,8 %)	10 (71,4 %)	15 (100 %)
Sommer	18 (100 %)	14 (100 %)	15 (100 %)
Herbst	14 (77,8 %)	9 (64,3 %)	14 (93,3 %)
Winter	6 (33,3 %)	6 (42,9 %)	7 (46,7 %)

Der MAK-Wert von 5 000 ppm CO₂ der Luft wurde in keinem Stall erreicht.

In Gruppe A erreichte im Winter 1 Stall den MAK-Wert von 3 500 ppm, ein weiterer Stall aus dieser Gruppe übertraf - ebenfalls im Winter - diesen Wert sogar mit 4 000 ppm.

Diagramm 3

Häufigkeitsverteilung der Ställe in den einzelnen Gruppen bezüglich des Kohlendioxidgehaltes in den vier Jahreszeiten

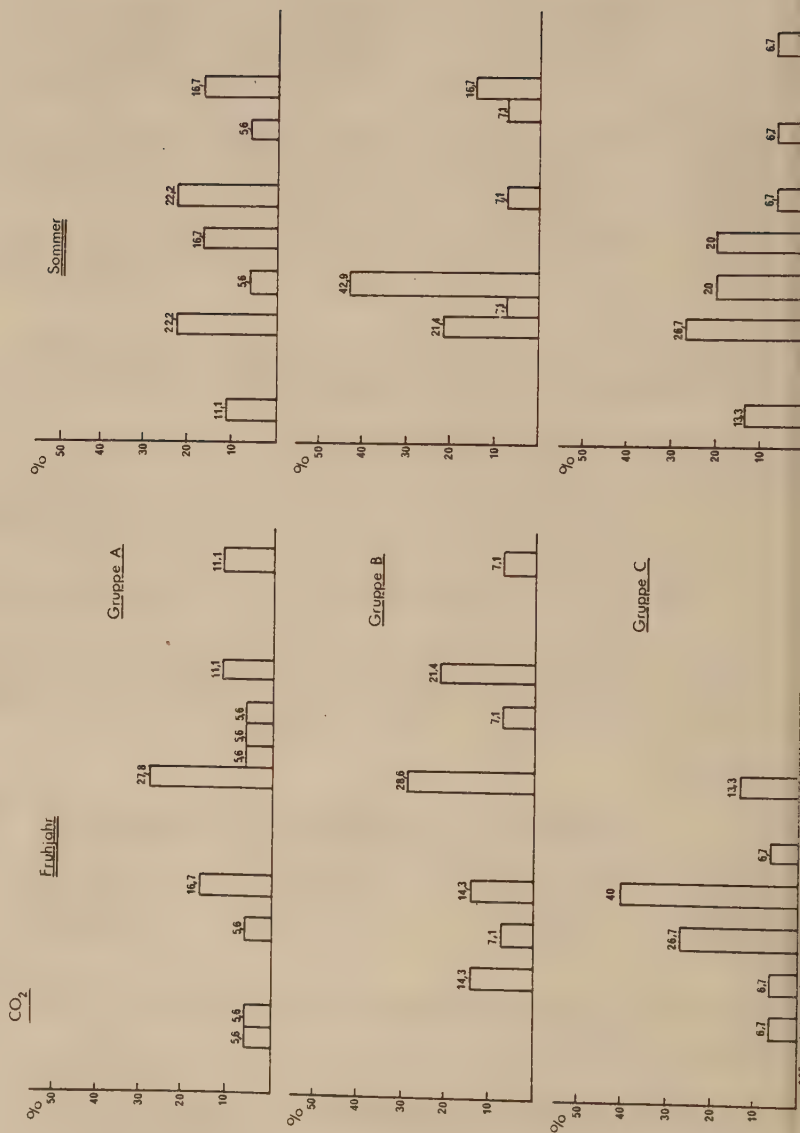
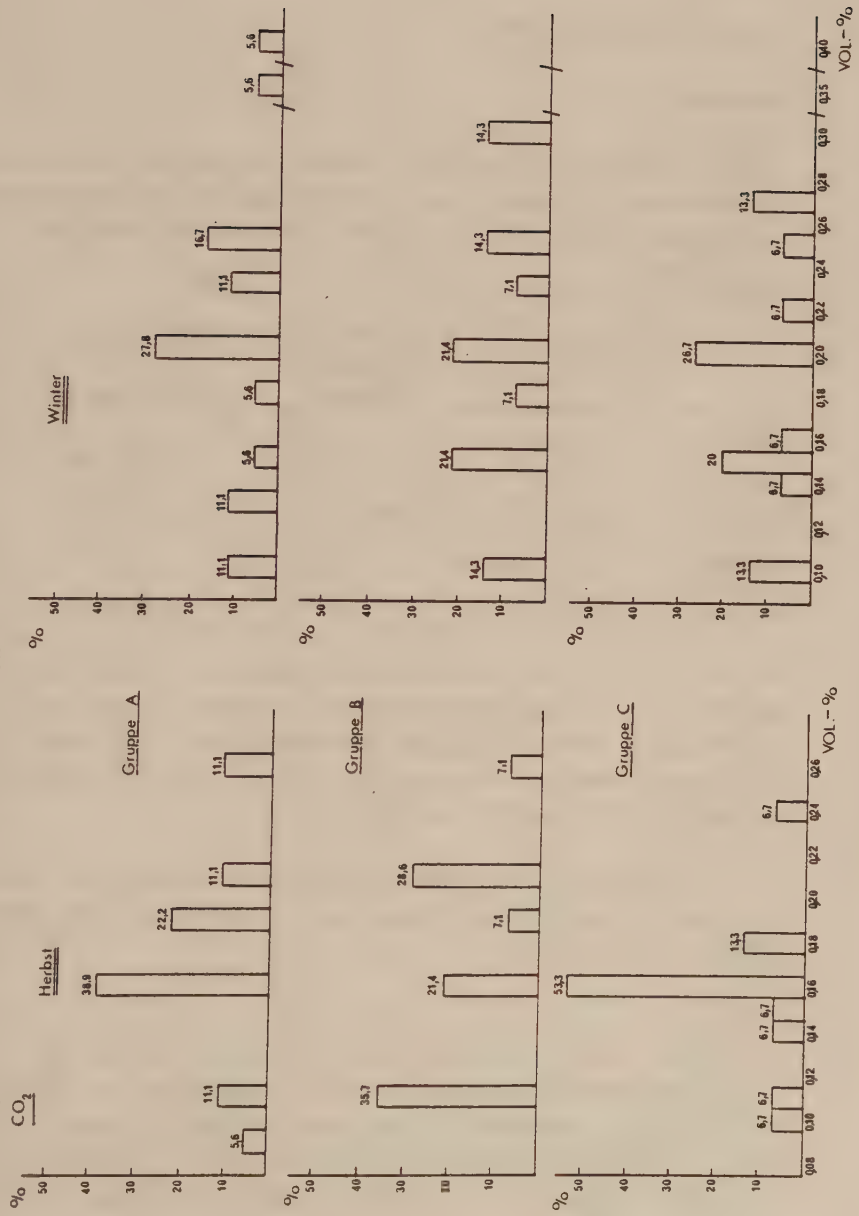


Diagramm 3 (Fortsetzung)

Häufigkeitsverteilung der Ställe in den einzelnen Gruppen bezüglich des Kohlendioxidgehaltes in den vier Jahreszeiten



f) Gehalt an Fremdgasen

Ammoniak

In der folgenden Tabelle werden die Durchschnittswerte der Konzentration von NH_3 in der Luft in den Ställen der einzelnen Gruppen aufgezeigt. Die Werte sind in ppm abgegeben.

Tab. 42

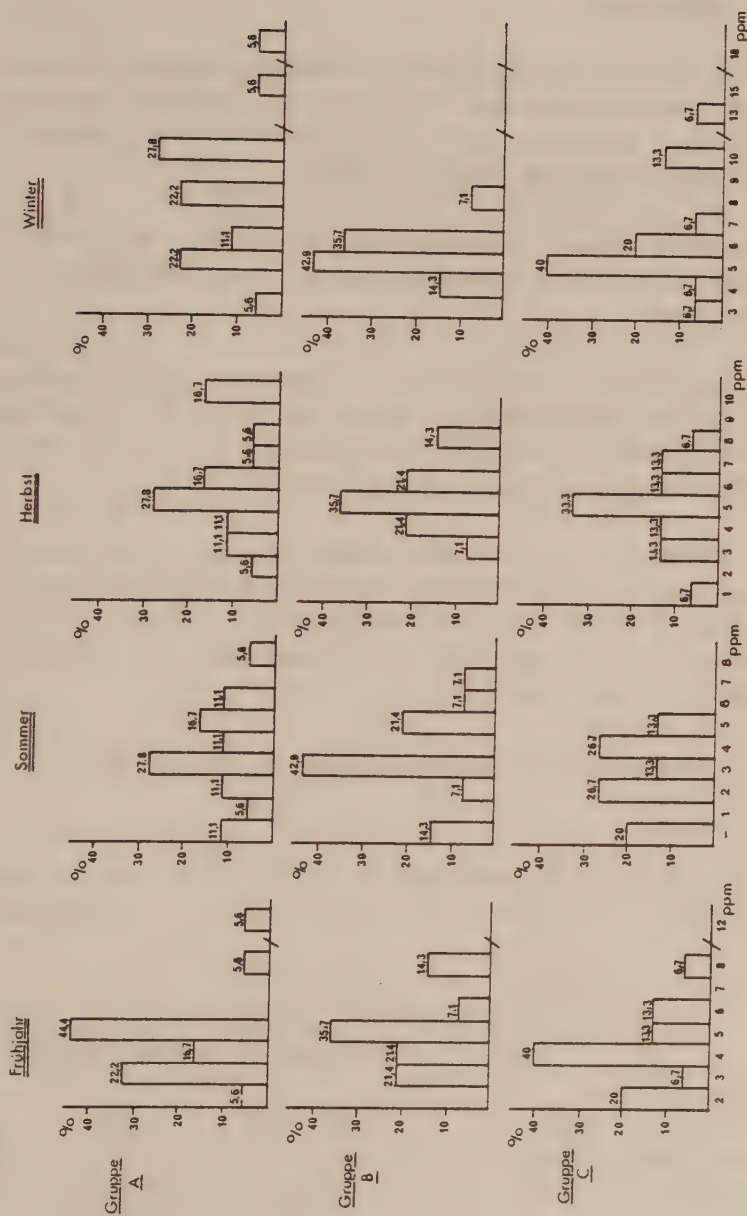
	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Frühjahr	4,8	4,9	4,2
Extrema	2 und 12	3 und 8	2 und 8
Sommer	3,9	4,0	3,3
Extrema	- und 8	- und 7	- und 5
Herbst	5,8	5,3	4,9
Extrema	2 und 10	3 und 8	1 und 8
Winter	8,3	5,4	6,3
Extrema	3 und 18	4 und 8	3 und 13

Nach RIST (57) liegt die Geruchsschwelle bei 5 ppm NH_3 . Als MAK-Wert werden 50 ppm und als MTK-Wert 35 ppm festgesetzt. Die nach MOTHES und GROTHEWOHL (45) als Dauerbelastung tragbare Konzentration von 50 % des MTK-Wertes entspricht 17,5 ppm NH_3 in der Luft.

In nur einem Stall der Gruppe A konnte ich im Winter einen Wert von 18 ppm messen. Dieser Wert liegt knapp über dem oberen Grenzwert von 17,5 ppm NH_3 .

 H_2S

Die Bestimmung des Schwefelwasserstoffgehaltes der Luft wurde von mir nur in solchen Ställen vorgenommen, in denen ein besonders intensiver Stallgeruch vorhanden war bzw. der NH_3 -Gehalt über 10 ppm lag. In keinem dieser Fälle wurde ein Wert über 1 ppm gemessen.

$\frac{1}{2}H^3$ 

6. Tauwasser

Das Mauerwerk wird von durch Tauwasser bedingter Feuchtigkeit stark angegriffen und letztlich zerstört (vgl. Abb. 14, S. 130). Ebenfalls durch Feuchtigkeit wird die Wärmeleitfähigkeit des Baumaterials erhöht.

Tauwasser kommt in fast allen Ställen vor, besonders im Winter, wenn die Differenz zwischen Außen- und Innentemperatur sehr groß ist.

Eine genaue Aufschlüsselung, in welchen Ställen Tauwasserniederschläge vorkommen, konnte nicht erstellt werden, da nicht immer die Ursachen von feuchten Stellen an Mauerwerk oder Decken ergründet werden konnten.

Interessant ist aber die Beobachtung, daß in vielen Ställen vor Anbringen der Erlanger Luftlöcher feuchten Decken, besonders in den Ecken zu finden waren (vgl. Abb. 13, S. 130). Nach dem Einbau der Rohre in diesem Bereich trocknete die Decke ab (vgl. auch Abb. 3, S. 19).

7. Milchmenge und wertbestimmende Milchbestandteile

Tab. 43

Durchschnittliche Milchmenge in den Ställen der einzelnen Gruppen. Die Werte sind angegeben in kg Milch/Kuh/Jahr.

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Durchschnitt	4879,4	4842,9	4938,0
Maximum	5890,0	6022,0	6280,0
Minimum	4000,0	3400,0	4000,0

Tab. 43 (Fortsetzung)

Durchschnittlicher Fettgehalt (in %) der Milch

	Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung)	Gruppe B (Ställe mit Schwerkraft- lüftung)	Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern)
Durchschnitt	4,02	4,01	4,03
Maximum	4,50	4,25	4,45
Minimum	3,50	3,80	3,90

Durchschnittlicher Proteingehalt (in %) der Milch

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Durchschnitt	3,35	3,39	3,42
Maximum	3,70	3,54	3,61
Minimum	3,12	3,20	3,30

D. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

=====

1. Bautechnische Untersuchungen

Die von mir untersuchten 48 Rinderställe hatten ein Durchschnittsalter von 19,3 Jahren. Es handelt sich also um relativ neue Ställe, die erbaut wurden, als man bereits recht gute Kenntnisse über den Zusammenhang von Stallklima, Leistung und tiergerechter Haltung hatte. Nur vier Ställe der 48 untersuchten Rinderställe wiesen ein Alter über 50 Jahre auf. Der älteste Stall war 110 Jahre alt.

Als Baumaterial der Umfassungsmauern wurde für 35 der 48 untersuchten Ställe der Ziegelstein gewählt. Dies entspricht einem Prozentsatz von 72,9. Rechnet man die modernen Variationen des Ziegelsteins, Liapor und Poroton, hinzu - sie wurden zum Bau von vier Ställen verwendet -, so ergibt sich sogar ein Prozentsatz von 81,3. Diese Ziegel-Produkte haben eine hohe Festigkeit und verfügen auch über relativ niedrige Wärmeleitzahlen von 0,45 für den herkömmlichen Ziegelstein und 0,25 für Liapor und Poroton. Zwei Ställe (4,2 % der untersuchten Ställe) waren aus Holz gebaut, ebensoviele aus Bims. Die beiden Sandsteinbauten stammen aus dem vorigen Jahrhundert. Heraklit und Eternit wurde in Verbindung mit Mineralfaserwolle in je einem Stall (2,1 % der untersuchten Ställe) verwendet.

Die Verteilung der verschiedenen Baumaterialien auf die einzelnen Gruppen war annähernd gleich. In der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen (Gruppe A) fand ich neben je einem Stall aus Eternit bzw. Heraklit nur Ställe aus Ziegelprodukten. In der Gruppe der Ställe mit Schwerkraftlüftungen (Gruppe B) hatten 11 Ställe Ziegel bzw. Poroton als Konstruktionsmaterial. Zwei Ställe waren aus Holz und ein alter Stall war aus Sandstein gebaut. In

der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöchern (Gruppe C) gab es 14 Ställe, die aus Ziegel, Liapor oder Poroton gebaut waren. Zwei Ställe bestanden aus Bims und ein Stall aus Sandstein (vgl. auch Tab. 21, S. 60).

Die Landwirte bevorzugten Massiv-Decken. In 41 Ställen (85,4 % der untersuchten Ställe) waren solche vorhanden. Ihre Materialien waren Ziegel, Poroton, Bims und Beton. 9 davon hatten auf der Stallseite eine Verkleidung aus Aluminium, 5 eine aus Styropor. Holz, Eternit und Heraklit bildeten bei 7 Ställen (14,6 % der untersuchten Ställe) gleichzeitig die Dachkonstruktion (vgl. auch Tab. 22, S. 61).

Die Rinder standen in 18 Ställen (37,5 % der untersuchten Ställe) auf Stallit. Dieses Material ist trittsicher, die Tiere rutschen nicht aus, es ist leicht zu reinigen und hat in trockenem Zustand eine Wärmeleitzahl von nur 0,2. In 8 Ställen (16,7 % der untersuchten Ställe) war Holz das Standplatzmaterial, 1 alter Stall war mit Bohlen belegt, 7 Ställe hatten eine Standfläche aus Stirnholz-Pflaster. In 12 Ställen (25 % der untersuchten Ställe) waren Gummimatten auf Estrich verklebt, die heute fast zur Standardausstattung bei Neubauten gehören. Die Meinungen der Landwirte über dieses Material für den Standplatz gehen auseinander. Die meisten Bauern halten die Gummimatten für gut, einige befürchten bei Nässe ein Ausgleiten der Tiere und einen hohen Verschleiß. In 7 Ställen (14,6 % der untersuchten Ställe) standen die Rinder auf blankem Beton. Allerdings handelt es sich bei 6 Ställen davon um Spaltenböden in Boxenlaufställen. In nur einem Stall bildete eine Massiv-Betonschicht den Standplatz für die Tiere. In 3 Ställen (6,3 % der untersuchten Ställe) waren zum Teil sehr abgetretene Ziegelsteine das Material des Standplatzes. In diesen drei Ställen soll in naher Zukunft eine Renovierung stattfinden, die auch eine Erneuerung des Standplatzes beinhalten wird. Zwei Landwirte haben sich bereits für Gummi-

matten im Austausch mit den Ziegeln entschlossen (vgl. auch Tab. 23, S. 62).

KALICH (31) gibt einen Bedarf an Luftraum mit 20 bis 25 m³ pro GVE an. Diesen Werten entspricht im Durchschnitt nur die Gruppe der Ställe mit den Erlanger Luftlöchern (Gruppe C) mit 21,4 m³/GVE. Dennoch kann man die Ställe der beiden anderen Gruppen nicht als überbelegt bezeichnen, da ihre Durchschnittswerte mit 19,8 m³/GVE in Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung) und mit 17,7 m³/GVE in der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftung) dem unteren Wert von 20 m³/GVE relativ nahe kommen. In einzelnen Ställen allerdings gibt es Überbelegungen: In 4 Ställen der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung), in 5 Ställen der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftung) und in 2 Ställen der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern). In der letzten Gruppe (Gruppe C) und in der ersten (Gruppe A) gibt es je einen Stall, der unterbelegt ist. Ein Landwirt jedoch hat den Leerraum mit Strohballen aufgefüllt und so den Stall vorübergehend verkleinert.

Das Fenster/Boden-Verhältnis ist das Maß für den natürlichen Lichteintritt in den Stall. KALICH (31) gibt den Quotienten mit 1:20 an. Hierbei würde genügend Licht in den Stall gelangen. In der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftung) und in der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftung) liegen die durchschnittlichen Verhältnisse je bei 1:21,3. In der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) liegt der Quotient bei 1:23,4. Die Werte liegen also etwas unter dem geforderten Quotienten von 1:20.

Kaum ein Stall wird einem anderen aufs Haar gleichen in einer natürlich gewachsenen Dorfgemeinschaft, wo lokalgeographische Bedingungen, finanzielle Möglichkeiten und auch persönliche Anlagen und Neigungen der Bauern selbst das Werden eines landwirtschaftlichen Anwesens prägen.

Dennoch kann man die rein baulichen Gegebenheiten der Ställe, die von mir untersucht worden waren, im Vergleich der drei Gruppen, zusammenfassend als sehr ähnlich bezeichnen.

Die drei Gruppen der von mir untersuchten 48 Rinderställe unterschieden sich hinsichtlich ihrer Lüftungsmöglichkeit. Sinn und Zweck dieser Arbeit war es, im Vergleich der verschiedenen Lüftungssysteme, Zwangslüftungen in der Gruppe A, Schwerkraftlüftungen in der Gruppe B und Schwerkraftlüftungen nach der Bauart der Erlanger Luftlöcher in der Gruppe C zu untersuchen und den eventuell unterschiedlichen Einfluß der Systeme auf das Stallklima aufzuzeigen.

So verfügt die Gruppe A der Ställe über reine Zwangslüftungen. Die 18 Ställe dieser Gruppe haben alle Ventilatoren. 14 Ställe (77,8 % der Gruppe) werden mit Unterdruckanlagen ventiliert, ein Stall verfügt über eine Gleichdruckanlage. Im Durchschnitt stand ein Ventilator zur Bewältigung des Austausches von 331,1 m³ Luft zur Verfügung.

In der Gruppe B sind Ställe mit einer Schwerkraftlüftung zusammengefaßt, von denen 11 Ställe (78,6 % der Gruppe) über einen Abluftschacht verfügen. 2 Ställe (14,3 % der Gruppe) wurden nur über Fenster, Türen und Tore belüftet und ein Stall (7,1 % der Gruppe) hat eine Lüftung am First, Frischluft wird über die Fenster eingelassen.

Die Ställe der Gruppe C werden auch mit einer Schwerkraftlüftung ventiliert. Das System besteht aber allein aus den Erlanger Luftlöchern (EL). In jedem Stall waren durchschnittlich 52,4 EL vorhanden. Ein EL mußte durchschnittlich 15,3 m³ Stallraum ventilieren (vgl. auch die Abb. 9 bis 12, S. 128f).

2. Klimatische Untersuchungen

In allen 48 von mir untersuchten Rinderställen wurden viermal Klima-Messungen vorgenommen. Je eine Messung pro Stall fand statt im Frühjahr, im Sommer, im Herbst und im Winter.

Beim Vergleich der einzelnen Gruppen hinsichtlich der Temperatur im Stall sind, jeweils in allen vier Jahreszeiten, keine großen Unterschiede festzustellen. Im Frühjahr liegen die Durchschnittstemperaturen der Ställe der einzelnen Gruppen nahe beieinander. Die Werte von $17,5^{\circ}\text{C}$ in der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen (Gruppe A), $16,6^{\circ}\text{C}$ in der Gruppe der Ställe mit Schwerkraftlüftungen (Gruppe B) und $17,3^{\circ}\text{C}$ in der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöchern (Gruppe C) lassen keine Rückschlüsse über eine besondere Beeinflussung eines speziellen Lüftungssystems auf die Temperatur zu.

Im Sommer liegen die Durchschnittswerte der Temperatur bei den einzelnen Gruppen etwas weiter auseinander. Man kann jedoch hierfür kein Lüftungssystem verantwortlich machen, da in der heißen Jahreszeit Türen und Tore weit offen stehen, die Fenster oft sogar ausgehängt sind. Die Eigenwirkung eines Lüftungssystems ist so meist ausgeschaltet.

Im Herbst liegen die Temperatur-Durchschnittswerte bei den einzelnen Gruppen wieder enger beieinander. Temperaturen von $15,1^{\circ}\text{C}$ in der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen (Gruppe A), $13,7^{\circ}\text{C}$ in der Gruppe der Ställe mit Schwerkraftlüftungen (Gruppe B) und $15,4^{\circ}\text{C}$ in der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöchern (Gruppe C) lassen auch hier keine besondere Beeinflussung der Temperatur durch ein spezielles Lüftungssystem erkennen.

Noch enger liegen die Durchschnittstemperaturen im Winter beieinander ($12,3^{\circ}\text{C}$, $11,6^{\circ}\text{C}$ und $12,2^{\circ}\text{C}$). Auch hier ist wieder keine Beeinflussung durch ein bestimmtes Lüftungssystem auszumachen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß alle drei Systeme - mit Ausnahme im Sommer - in der Lage sind, die Temperatur für die Tiere im Stall erträglich zu halten. Sie sind etwa gleichwertig in ihrem Vermögen, die Temperatur zu regulieren (vgl. auch die Tabellen 26 und 27, S. 69).

Beim Gruppenvergleich hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit der Ställe ergibt sich folgendes Bild: Im Frühjahr liegt die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit der Ställe in Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) bei 79,4 %, in Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) bei 76,4 % und bei Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) bei 74,1 %. Die beiden Gruppen mit Schwerkraftlüftungen (Gruppe B und Gruppe C) liegen nahe beieinander. Gruppe B hat eine um 3 % niedrigere rel. Luftfeuchte im Stall als Gruppe A und Gruppe C hat sogar eine um 5,3 % niedrigere rel. Luftfeuchte im Stall als Gruppe A.

Im Sommer kann man keinen echten Vergleich der drei Gruppen anstellen, da ja Türen und Tore geöffnet sind und somit die Lüftungssysteme nicht mehr für sich alleine betrachtet werden können.

Im Herbst liegen die durchschnittlichen Werte der rel. Luftfeuchte in Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) bei 84,3 %, in Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) bei 79,6 % und in Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) bei 83,9 %. Hier liegen die Gruppen A und C eng beieinander mit einem Unterschied von 0,4 % rel. Luftfeuchte. Zwischen Gruppe A und Gruppe B ist aber ein Unterschied von 4,7 % rel. Luftfeuchte festzustellen. Gruppe B unterscheidet sich von Gruppe C um 4,3 % rel. Luftfeuchte.

Im Winter hat die Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) den höchsten durchschnittlichen Wert mit 87,6 % rel. Luftfeuchte. Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) weist einen Durchschnittswert von 82,2 % und Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) von 82,7 % rel. Luftfeuchtigkeit auf. Der Unterschied von Gruppe A zu Gruppe B beträgt 5,4 % rel. Luftfeuchte, der Unterschied von Gruppe A zu Gruppe C 4,9 %. Die Gruppen B und C liegen sehr eng beieinander. Ihr Unterschied in der durchschnittlichen relativen Luftfeuchtigkeit beträgt nur 0,5 %.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß im Frühjahr, Herbst und Winter die Schwerkraftlüftungen die Feuchtigkeit besser aus dem Stall entfernen als die Zwangslüftungen. Da die Werte aber in allen Gruppen relativ nahe beieinanderliegen, sollte man sich bescheiden und sagen, daß Schwerkraftlüftungen - und hier die billig und einfach einzubauenden Erlanger Luftlöcher - der Zwangslüftung nicht nachstehen, was den Abtransport von Feuchtigkeit aus dem Stall anbelangt.

Bei der Abkühlungsgröße gibt FUHRIMANN (14) die Grenzwerte mit 7,0 und 9,5 an. Bei Werten innerhalb dieses Bereiches fühlen sich Rinder im Stall wohl. .

Innerhalb der Werte von 7,0 und 9,5 bewegt sich die Abkühlungsgröße (AKG) im Frühjahr in 6 Ställen (33,3 %) der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen (Gruppe A), der Hälfte aller Ställe der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen), nämlich in 7 Ställen, und in 5 Ställen (33,3 %) der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöchern (Gruppe C). In den Gruppen A und C ist der prozentuale Anteil der Ställe, gemessen an den Stall-Zahlen innerhalb der einzelnen Gruppen, gleich. In Gruppe B erreichen 12,7 % mehr Ställe Werte innerhalb diesen Bereiches.

Im Sommer richtet sich die Abkühlungsgröße nach Wind und

Wetter, da ja Türen, Tore und Fenster offenstehen.

In der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen (Gruppe A) sind im Herbst 11 Ställe (61,1 %) vertreten, in denen eine AKG zwischen 7,0 und 9,5 gemessen wurde. In der Gruppe der Ställe mit Schwerkraftlüftungen (Gruppe B) waren es 12 Ställe (85,7 %) und in der Gruppe der Ställe mit Erlanger Luftlöchern waren es 7 Ställe (46,7 %).

Im Winter liegt die prozentuale Verteilung der Ställe in den Gruppen, in denen Abkühlungsgrößen zwischen 7,0 und 9,5 gemessen wurden, wie folgt: In der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) sind es 77,8 % (14 Ställe), in Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) sind es 85,7 % (12 Ställe) und in Gruppe A (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) sind es 80 % (12 Ställe).

Diese Verteilungen zeigen, daß, bezogen auf die "Idealverhältnisse", die von FUHRIMANN (14) mit 7,0 und 9,5 AKG angegeben wurden, Schwerkraftlüftungen den Zwangslüftungen zumindest gleichwertig sind.

In den Durchschnittswerten der einzelnen Gruppen (vgl. auch Tabelle 35, S. 76f.) sind fast keine Unterschiede feststellbar. Im Frühjahr liegt die Differenz der AKG bei 0,2, im Sommer bei 0,3, im Herbst bei 0,9 und im Winter bei 0,4. Auch dieser Vergleich zeigt, daß Schwerkraftlüftungen und Zwangslüftungen die Abkühlungsgröße kaum unterschiedlich zu beeinflussen vermögen.

Der Gesamtdurchschnitt der Abkühlungsgröße betrug im Frühjahr 6,8, im Sommer 5,8, im Herbst 7,4 und im Winter 7,8. Bis auf die Sommerwerte ist gegen die Abkühlungsgrößen in den drei anderen Jahreszeiten nichts einzuwenden.

Als Mindestmaß für die Luftbewegung im Stall wird ein

Wert von 0,1 m/sec. angegeben. Ab 0,2 m/sec. wird Wind als Zugluft empfunden. WANDER (74) toleriert höhere Werte bei größeren Temperaturen. Sie steigen bei Temperaturen von über 21° C bis 26° C auf maximal zulässige Luftgeschwindigkeiten von 0,2 m/sec. auf 0,5 m/sec..

Die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit liegt im Frühjahr in den Ställen der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) bei 0,169 m/sec., in den Ställen der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) bei 0,144 m/sec. und in den Ställen der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) bei 0,186 m/sec..

Im Sommer werden höhere Luftgeschwindigkeiten durch offene Türen, Tore und Fenster bewirkt.

Im Herbst liegt die Durchschnitts-Luftgeschwindigkeit in den Ställen der Gruppe A bei 0,137 m/sec., der Gruppe B bei 0,135 m/sec. und der Gruppe C bei 0,097 m/sec..

Im Winter liegen die durchschnittlichen Luftgeschwindigkeiten in den Ställen der Gruppe A bei 0,104 m/sec., der Gruppe B bei 0,098 m/sec. und der Gruppe C bei 0,113 m/sec..

Das Mindestmaß von 0,1 m/sec. Luftgeschwindigkeit wird nur im Herbst in den Ställen der Gruppe C und im Winter in Ställen der Gruppe B unterschritten.

Wenngleich die Unterschreitungen nur 0,003 m/sec. bzw. 0,002 m/sec. ausmachen, so kann man doch sagen, daß die Ställe mit Zwangslüftungen in allen vier Jahreszeiten das Mindestmaß der Luftbewegungen erfüllen, die Ställe mit Schwerkraftlüftungen bzw. Erlanger Luftlöchern jedoch nicht.

Die von WANDER (74) gestatteten hohen Luftgeschwindig-

keiten von bis zu 0,5 m/sec. haben wegen ihrer Abhängigkeit von der Temperatur jedoch nur in der heißen Jahreszeit Bedeutung.

Der Kohlendioxidgehalt der Luft lag in allen Ställen sehr niedrig. Den höchsten Durchschnittswert gab es in der Gruppe mit Zwangslüftungen (Gruppe A) im Winter mit 0,21 Vol.-% CO₂.

In der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) lagen die Durchschnittswerte (angegeben in Vol.-%) im Frühling bei 0,15, im Sommer bei 0,09, im Herbst bei 0,16 und im Winter bei 0,21.

In der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) lagen die Durchschnittswerte (angegeben in Vol.-%) im Frühling bei 0,14, im Sommer bei 0,08, im Herbst bei 0,15 und im Winter bei 0,19.

In der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) lagen die Durchschnittswerte (angegeben in Vol.-%) im Frühling bei 0,10, im Sommer bei 0,08, im Herbst bei 0,15 und im Winter bei 0,19.

In den Gruppen A und B unterscheiden sich die Werte nur im Frühjahr. Hier liegen sie in Gruppe C niedriger als in Gruppe B. Diese beiden Gruppen hatten in allen vier Jahreszeiten niedrigere Werte als die Gruppe A (vgl. auch Tabelle 40, S. 79).

Nimmt man den Kohlendioxidgehalt der Luft als Wertmaß der Güte der Atemluft, so kann man sagen, daß in den Ställen mit Schwerkraftlüftungen und Erlanger Luftlöchern die Luft besser war als in den Ställen mit Zwangslüftungen.

Auch der Ammoniakgehalt der Luft lag insgesamt niedrig.

Die Durchschnittswerte betrugen in der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) im Frühjahr 4,8 ppm, im Sommer 3,9 ppm, im Herbst 5,8 ppm und im Winter 8,3 ppm.

In der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) lagen die Werte im Frühjahr bei 4,9 ppm, im Sommer bei 4,0 ppm, im Herbst bei 5,3 ppm und im Winter bei 5,4 ppm.

In der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) lagen die Werte im Frühjahr bei 4,2 ppm, im Sommer bei 3,3 ppm, im Herbst bei 4,9 ppm und im Winter bei 6,3 ppm.

Die Werte lagen in der Gruppe C bis auf den Winter am niedrigsten. Im Winter lag der Wert der Gruppe C jedoch auch niedriger als in Gruppe A, die Ställe mit Zwangslüftungen repräsentieren.

Die Beseitigung von Ammoniak aus der Luft erfolgt in Ställen mit Schwerkraftlüftungen offensichtlich besser oder zumindest genauso gut wie in den Ställen mit Zwangslüftungen.

Die Bestimmung des Schwefelwasserstoffgehaltes der Luft wurde von mir nur in solchen Ställen vorgenommen, in denen ein besonders intensiver Stallgeruch vorhanden war, bzw. ein NH_3 -Gehalt über 10 ppm anzutreffen war. In keinem der Fälle wurde ein Wert über 1 ppm H_2S gemessen.

Als Leistungsnachweis der Tiere zog ich die Milchmenge und die wertbestimmenden Milchbestandteile heran. Es ist mir klar, daß das Klima allein nicht entscheidet über die Menge der Milch bzw. über die Prozente der wertbestimmenden Milchbestandteile! Dennoch ist es interessant zu sehen, daß die Durchschnittswerte in allen drei Gruppen fast identisch sind. So beträgt die Milchmenge in den Ställen

mit Zwangslüftungen (Gruppe A) 4 879,4 kg, in den Ställen mit Schwerkraftlüftungen (Gruppe B) 4 842,9 kg und in den Ställen mit Erlanger Luftlöchern (Gruppe C) 4 938,0 kg pro Kuh und Jahr.

Bei den wertbestimmenden Milchbestandteilen verhält es sich ebenso: In den Ställen der Gruppe A betrug der Gehalt an Fett 4,02 % und der an Protein 3,35 %. In den Ställen der Gruppe B betrug der Gehalt an Fett 4,01 % und der an Protein 3,39 %. In den Ställen der Gruppe C betrug der Gehalt an Fett 4,03 % und der an Protein 3,24 %.

Abschließend kann man den Schluß aus den Ergebnissen ziehen, daß die Schwerkraftlüftungen und das System der Erlanger Luftlöcher ebenso leistungsfähig in der Klimagestaltung der Ställe sind wie Zwangslüftungen. Entscheidend aber für den Landwirt ist der Kostenfaktor. Bei den Zwangslüftungen muß er hoch angesetzt werden, bei den Schwerkraftlüftungen und den Erlanger Luftlöchern fällt er kaum ins Gewicht.

3. Statistische Auswertung und Kontrolle

In Form von Säulen-Diagrammen habe ich versucht, Häufigkeitsverteilungen der Ställe in den einzelnen Gruppen (A, B und C) in den einzelnen Jahreszeiten darzustellen. Sie sind bezogen auf die Stalltemperatur (Diagramm 1, S. 71), die relative Luftfeuchtigkeit im Stall (Diagramm 2, S. 74f.), den Kohlendioxidgehalt der Stallluft (Diagramm 3, S. 80f.) und den Ammoniakgehalt der Stallluft (Diagramm 4, S. 83).

Im LEIBNITZ-RECHENZENTRUM der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München wurde zur Kontrolle der Meßdaten eine Varianzanalyse durchgeführt.

Es gelten folgende Abstufungen der Signifikanz:

1. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit einer Abweichung ist größer als $P = 5\%$: Die Abweichung liegt im Zufallsbereich der Verteilung, sie ist "nicht signifikant".
2. P liegt zwischen 5 und 1 %: Die Abweichung liegt außerhalb des Zufallsbereiches, sie ist "signifikant".
3. P liegt unter 1 %: Die Abweichung liegt weit außerhalb des Zufallsbereiches, sie ist "hoch signifikant".

Geprüft wurden alle Daten für die Außentemperatur, die Stalltemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit außerhalb und innerhalb des Stalles, der Windgeschwindigkeit im Stall, der Abkühlungsgröße, des NH_3 -Gehaltes der Stallluft und des CO_2 -Gehaltes der Stallluft.

Die Abweichungen der Daten innerhalb der einzelnen Gruppen A, B und C lagen bei allen Parametern im Zufallsbereich der Verteilung: Sie sind nicht signifikant.

Innerhalb der Jahreszeiten lag die Abweichung der Daten aller Parameter erwartungsgemäß weit außerhalb des Zufallsbereiches: Sie sind demnach hoch signifikant.

E. ZUSAMMENFASSUNG

=====

1. In den Landkreisen Erlangen-Höchststadt (Reg. Bez. Mittelfranken) und Forchheim (Reg. Bez. Oberfranken) wurden in 16 Ortschaften 48 Rinderställe bautechnisch und bioklimatisch untersucht.
2. Die bautechnischen Untersuchungen fanden im Herbst 1979 und im Sommer 1980 statt. Die bioklimatischen Untersuchungen wurden für die Jahreszeiten Frühling, Sommer, Herbst und Winter in dem Zeitraum von Januar 1979 bis August 1980 vorgenommen.
3. Nach den Lüftungssystemen wurden die Ställe in drei Gruppen eingeteilt:
 Gruppe A: Ställe mit Zwangslüftungen (18 Ställe)
 Gruppe B: Ställe mit Schwerkraftlüftungen (14 Ställe),
 Gruppe C: Ställe mit Erlanger Luftlöchern (16 Ställe),
 einem speziellen System einer Schwerkraftlüftung.
4. Die Ställe hatten ein Durchschnittsalter von 19,3 Jahren.
5. Das Baumaterial der Umfassungsmauern bestand bei 39 Ställen (81,3 % aller untersuchten Ställe) aus Ziegeln, bei je 2 Ställen (je 4,2 % aller untersuchten Ställe) aus Holz, Bims bzw. Sandstein und bei je einem Stall (je 2,1 % aller untersuchten Ställe) aus Heraklit bzw. Eternit in Verbindung mit Mineralfaserwolle.
6. 41 Ställe (85,4 % aller untersuchten Ställe) hatten Massivdecken aus Ziegel, Bims bzw. Beton. 9 Decken davon hatten stallseitig eine Verkleidung aus Aluminium bzw. Styropor. Holz, Eternit bzw. Heraklit bildeten bei 7 Ställen (14,6 % aller untersuchten Ställe) gleichzeitig die Dachkonstruktion.
7. Das Material der Tierlager bestand bei 18 Ställen (37,5 % aller untersuchten Ställe) aus Stallit, bei 12 Ställen (25 % der untersuchten Ställe) aus Gummimatten, bei 8 Ställen (16,7 % der untersuchten Ställe) aus Holz (7 davon bestanden aus Hirnholz-Pflaster, ein Stall hatte noch alte Holzböhlen), bei 7 Ställen (14,6 % der unter-

- suchten Ställe) aus Beton und bei 3 Ställen (6,3 % der suchten Ställe) aus Ziegelsteinen.
8. Durchschnittlich betrug der Luftraum in Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) $19,8 \text{ m}^3/\text{GVE}$, in Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) $17,7 \text{ m}^3/\text{GVE}$ und in Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) $21,4 \text{ m}^3/\text{GVE}$.
 9. Das durchschnittliche Fenster/Boden-Verhältnis betrug in der Gruppe A (Ställe mit Zwangslüftungen) und der Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) jeweils 1 : 21,3 und in der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) 1 : 23,4.
 10. Die baulichen Gegebenheiten sind in den drei Gruppen annähernd gleich und bieten somit die Möglichkeit, unabhängig von ihnen, einen Vergleich der Lüftungssysteme und deren Einwirken auf das Stallklima zu unternehmen.
 11. Im Frühjahr, Herbst und Winter lagen die Durchschnittswerte der Lufttemperatur in den Ställen in allen drei Gruppen sehr eng beieinander. Rückschlüsse auf die Beeinflussung eines speziellen Lüftungssystems auf die Temperatur lassen sich nicht ziehen. Im Sommer sind in den Ställen alle Türen, Tore und Fenster geöffnet. Dadurch wird meist die Eigenwirkung der Lüftungssysteme ausgeschaltet.
 12. Im Frühjahr, Herbst und Winter lagen die Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchtigkeit in den Ställen mit Schwerkraftlüftungen niedriger als in denen mit Zwangslüftungen.
 13. Die Durchschnittswerte der Abkühlungsgröße lagen bei den Ställen mit Zwangslüftungen annähernd gleich mit den Ställen mit Schwerkraftlüftungen. Der Gesamtdurchschnitt betrug im Frühjahr 6,8, im Sommer 5,8, im Herbst 7,2 und im Winter 7,8.
 14. Die Luftgeschwindigkeit lag im Frühjahr in allen Gruppen über dem Mindestmaß von $0,1 \text{ m/sec.}$. Im Sommer waren alle Türen, Tore und Fenster offen, die Luftgeschwindigkeit lag in allen Gruppen über $0,2 \text{ m/sec.}$. Im Herbst lagen die Ställe der Gruppe C (Ställe mit Erlanger Luftlöchern) mit $0,097 \text{ m/sec.}$ und im Winter die Ställe der

Gruppe B (Ställe mit Schwerkraftlüftungen) mit 0,098 m/sec. unter dem Mindestmaß von 0,1 m/sec.. Die zwei anderen Gruppen lagen im Herbst und im Winter über 0,1 m/sec. Luftgeschwindigkeit.

15. Die Durchschnittswerte des CO_2 -Gehaltes der Luft lagen im Frühjahr bei 0,13 Vol.-%, im Sommer bei 0,08 Vol.-%, im Herbst bei 0,15 Vol.-% und im Winter bei 0,19 Vol.-%. Die Werte lagen in der Gruppe der Ställe mit Zwangslüftungen über denen der beiden Gruppen mit Schwerkraftlüftungen.
16. Die Durchschnittswerte des NH_3 -Gehaltes der Luft lagen im Frühling bei 4,6 ppm, im Sommer bei 3,6 ppm, im Herbst bei 5,3 ppm und im Winter bei 6,7 ppm. Die geringen Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zeigen, daß die Beseitigung von NH_3 aus den Ställen mit Schwerkraftlüftungen besser oder zumindest gleich gut erfolgt wie in den Ställen mit Zwangslüftungen.
17. Bei der Bestimmung des Schwefelwasserstoffes der Luft wurde bei keiner Messung ein Wert über 1 ppm gemessen.
18. Die Milchmenge beträgt jährlich 4 880 kg pro Kuh im Durchschnitt. Der durchschnittliche Fettgehalt beträgt 4,02 %. Der durchschnittliche Proteingehalt der Milch beträgt 3,38 %. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen sind minimal.
19. In kleineren Ställen und in Betrieben, in denen keine maximale Leistung gefordert wird, sind Schwerkraftlüftungen und das System der Erlanger Luftlöcher zu empfehlen. Bei den explodierenden Energiekosten muß das Leistungs-Kosten-Verhältnis auch bei mittleren und größeren Betrieben beachtet werden.
Bei intensiver Schweine- und Hühnerhaltung hingegen sind Schwerkraftlüftungen allein schon wegen der höheren CO_2 -Ausscheidungen der Tierarten und der dadurch notwendigen höheren Luftwechselrate nicht zu empfehlen.

E. SUMMARY

=====

1. In the rural districts Erlangen-Höchststadt (Middle Franconia) and Forchheim (Upper Franconia) 48 cattle sheds in 16 villages were examined with regard to their structure and climatic conditions.
2. The architectural examinations took place in autumn 1979 and in summer 1980. The bioclimatical examinations for the seasons spring, summer, autumn and winter took place from January 1979 until August 1980.
3. Corresponding to the ventilation systems, the stables were divided in three groups:
 Group A: stables with compulsion-ventilation (18 stables)
 Group B: stables with gravity-ventilation (14 stables)
 Group C: stables with Holes of Erlangen (16 stables),
 a special form of gravity-ventilation.
4. The stables had an average age of 19.3 years.
5. The constructing material was brick for 39 stables (81.3 % of all examined stables), wood, pumic or sandstone for respectively 2 stables (each 4.2 % of all examined stables) and Heraklit or Eternit for respectively 1 stable (each 2.1 % of all examined stables) in combination with mineral wool.
6. 41 stables (85.4 % of all examined stables) had massive ceilings made of brick, pumic or concrete. Nine ceilings thereof were covered inside the stable with aluminum or Styropor. Wood, Eternit or Heraklit formed in 7 stables (14.6 % of all examined stables) as well the construction of the ceiling.
7. The floor of the stables consisted in 18 stables (37.5 % of all examined stables) of Stallit, in 12 stables (25 % of all examined stables) of rubber mats, in 8 stables (16.7 % of all examined stables) of wood, (7 thereof had brainwood-plaster, 1 stable still had old wooden planks), in 7 stables (14.6 % of all examined stables) of concrete

- and in 3 stables (3.2 % of all examined stables) of brick.
8. The average air space per large animal unit (LU) of the stables came in Group A (stables with compulsion ventilation) to $19.8 \text{ m}^3/\text{LU}$, in Group B (stables with gravity ventilation) to $17.7 \text{ m}^3/\text{LU}$ and in Group C (stables with Holes of Erlangen) to $21.4 \text{ m}^3/\text{LU}$.
 9. The average window-floor-relation was in Group A (stables with compulsion ventilation) and in Group B (stables with gravity ventilation) each 1 : 21.3 and in Group C (stables with Holes of Erlangen) 1 : 23.4.
 10. The constructural situations are almost the same in the three groups. This makes it possible - by neglecting the still existing variations - to compare ventilation systems and their influence to the climate in stables.
 11. In spring, autumn and winter the mean values of the air-temperature in the stables were very close to each other in the three groups. There is no possibility of drawing conclusions from a special ventilation system on the temperature. In summer all gates, doors and windows were opened. So the ventilation systems might have often lost their own effect.
 12. In spring, autumn and winter the mean values of the relative humidity were lower in stables with gravity ventilation than in those with compulsion ventilation.
 13. The mean values of cooling were almost the same in stables with compulsion ventilation as in stables with gravity ventilation. The total average was 6.8 in spring, 7.2 in autumn and 7.8 in winter.
 14. The movement of air was for all groups above the minimal value of 0.1 m/sec in spring. In summer all doors, gates and windows were open. The average movement of air was for all groups above 0.2 m/sec . In autumn the stables of Group C (stables with Holes of Erlangen) lay with 0.097 m/sec and in winter the stables of Group B (stables with gravity ventilation) lay with 0.098 m/sec below the minimal value of 0.1 m/sec . The two other groups lay in autumn and in winter above 0.1 m/sec .

15. The mean values of the CO_2 -content of the air were in spring 0.13 vol.-%, in summer 0.08 vol.-%, in autumn 0.15 vol.-% and in winter 0.19 vol.-%. The value of the group with the compulsion ventilation were above those of the groups with gravity ventilation.
16. The mean values of the NH_3 -content of the air were in spring 4.6 ppm, in summer 3.6 ppm, in autumn 5.3 ppm and in winter 6.7 ppm. The small differences between the groups show, that the elimination of NH_3 from stables works better or at least as well in stables with gravity ventilation as in stables with compulsion ventilation.
17. In the test for the H_2S -content of the air, no value of more than 1 ppm could be found.
18. The amount of milk was for all stables of an average of 4,880 kg per cow and year. The average milk-fat-content was 4.02 %. The average milk-protein-content was 3.38 %. The differences between the groups are minimal.
19. For smaller stables and for farms, where no maximal efficiency is demanded, gravity ventilation systems and the special form of the Holes of Erlangen, are recommended. Considering the exploding costs of energy, the efficiency-cost-relation is worthy of notice for medium and larger farms.

For intensive breeding of pigs and chicken gravity ventilation systems cannot be recommended. The CO_2 -rates of these species are higher than the CO_2 -rate of cattle. Therefore a more efficient ventilation system is necessary.

F. LITERATURVERZEICHNIS

=====

1. Adam, Th. und Andreae : Toleranzgrenzen für gasförmige Umweltfaktoren bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Züchtungskunde 45 (1973) : 162

2. Berman, A. und Meltzer, A. : Critical temperatures in lactating dairy cattle: a new approach to an old problem. Internat. Biometeor. 17, Nr. 2 157-166

3. Blendl, H. M. : Einflüsse von Haltungsverfahren und Stallbetrieb auf die Entstehung von Luftverunreinigungen. DTW 86 (1979) : 156

4. Bolbecher, K. : Mündliche Mitteilungen

5. Borchert, K.-L. : Verhütung von Tauwasserschäden an Dach-Decken von Kaltställen. Landtechnik (1976) Sonderdruck

6. Borchert, K.-L. : Möglichkeiten zur Stallklima-beeinflussung in nicht wärmege-dämmten Rindviehställen. Milchpraxis 16 (1978) : 110

7. Borchert, K.-L. : Der Kaltstall für Rindvieh - ein konstruktives Problem BLS 2-73 (1973)

8. Brandsma, C. : Wind beeinflusst Stallent-lüftung. dlz 27 (1976) : 740

9. Brüggemann, H. : Viehhaltung im Bauernbetrieb
DLG-Verlags-GmbH Frankfurt 1954

10. Burkert, J. : Vergleichende stallklimatische
Untersuchungen in Rinder-,
Schweine- und gemischten Ställen
der Niederbayerischen Landkreise
Passau und Griesbach.
Vet. med. Diss. München 1967

11. Dahmen, H. : Lehrbuch der Veterinärhygiene
Verlag Paul Parey Berlin 1941

12. DIN 18910 : Klima in geschlossenen Ställen
1974

13. Dorno, E. : Über die physikalischen Grund-
lagen der medizinischen Klimato-
logie. Physik 36 (1929) : 29

14. Fuhrmann, H. : Beitrag zur Bestimmung des Stall-
klimas. Vet. med. Diss. Zürich 1944

15. Gerspach, K. : Stallbau und gesunde Tierhaltung
Verlag Müller, Karlsruhe 1956

16. Groth, W. : Anforderungen der Tierhygiene an
neuzeitliche Rindviehställe.
Tierärztl. Umschau 25 (1970) : 290

17. Heinrich, G. : Klimatechnik in der Tierpro-
duktion
VEB Verlag Technik Berlin 1976

18. Hilliger, H. G. : Der Tagesrhythmus von Temperatur
und Feuchte der Luft eines Rinder-

stalles und seine Beziehungen
zu diesen Werten bei der Außenluft.
Berliner und Münchener tierärzt-
liche Wschr. 77 (1964) : 43

19. Hilliger, H. G. : Zum Zusammenhang zwischen dem
Wärmehaushalt eines Stalles und
der Stallluft.
Schlachten und Vermarkten 79
(1979) : 173
20. Hilliger, H. G. : Stallluftuntersuchungen zur Auf-
deckung von Fehlern oder Störungen
in der Frischluftversorgung.
Schlachten und Vermarkten
79 (1979) : 141
21. Hilliger, H. G. : Stallluftuntersuchungen zur Beur-
teilung der Umwelteinwirkungen
auf die Nutztiere.
Schlachten und Vermarkten
79 (1979) : 106
22. Hilliger, H. G. : Stallluftuntersuchungen - Begriffe,
Ziele und Schwierigkeiten.
Schlachten und Vermarkten
79 (1979) : 43
23. Hörnicke, H. : in Veterinär-Physiologie
Scheunert-Trautmann
Paul-Parey-Verlag 1976
24. Huber, S. : Stallhygienische Untersuchungen
in Stallungen mit Spaltenboden
und Gitterrost
Vet. med. Diss. München 1966

25. Kalich, J. : Mündliche Mitteilungen
26. Kalich, J. : Tierärztliche Umschau
16 (1961) : 374
27. Kalich, J. und : Einfluß der Schadgase Ammoniak
Schuh, W. und Schwefelwasserstoff auf die
Mastleistung der Schweine
Tierärztliche Umschau
34 (1979) : 36
28. Kalich, J. : Umdruck aus dem Institut für
Tierzucht und Tierhygiene der
Universität München Nr. VII 1978
29. Kalich, J. : Umdruck aus dem Institut für
Tierzucht und Tierhygiene der
Universität München Nr. I 1978
30. Kalich, J. : Umdruck aus dem Institut für
Tierzucht und Tierhygiene der
Universität München Nr. II 1978
31. Kalich, J. : Mitschrift der Vorlesung 1978
32. Kalich, J. : Umdruck aus dem Institut für
Tierzucht und Tierhygiene der
Universität München Nr. VI 1978
33. Kalich, J. : Intensivtierhaltung und Geruchs-
emission. Wiener Tierärztl. Mschr.
66 (1979) : 94
34. Kaltenböck, K. : Vorschläge zur Verbesserung oder
zum Neubau von Rinderställen
Wiener Tierärztl. Mschr. 59
(1972) : 65

35. Klink, G. : Stallklima als ingenieurtheoretische Aufgabe. Monatshefte für Vet.-medizin 30 (1975) : 568
36. Koller, G. : Expertenstreit über das Stallklima Bayer. Landw. Wochenblatt 164 (1974) : 19
37. Koller, G., Süß, M. und Matzke, P. : Der Einfluß von Stallklima und Verfahrenstechnik. TGD Mitteilungen 3 (1977) : 9
38. Kräußlich : Umdrucke zur Vorlesung Tierische Produktion. München 1977
39. Lauff, G. : Der Einfluß der Haltung der Haustiere auf ihren Gesundheitszustand unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen an moderne Stallbauten. Vet. med. Diss. Hannover 1920
40. Lechnitz, K. : Prüfröhrchen Taschenbuch Firma Dräger 4. Ausgabe 1979
41. Ludwig, J. : Stallhygienische Untersuchungen in Rinderställen des Landkreises Marktoberdorf unter besonderer Berücksichtigung der Stallneubauten und Aussiedlerhöfe. Vet. med. Diss. München 1967
42. Matthes, S. : Art und Zusammensetzung der Luftverunreinigungen in der Nutztierhaltung und ihre Wirkung in der Stallumgebung. DTW 86 (1979) : 262

43. Mießner, H. und Schoop, G. : Veterinärhygiene. Schaper Verlag Hannover 1935
44. Missenard, A. : zitiert nach Ohl (51)
45. Mothes, E. und Grothewohl, C. : Ergebnisse kontinuierlicher Schadgasmessungen in einem Jungviehkomplektbau. Monatshefte für Veterinärmedizin 28 (1973) : 87
46. Müller, F. W. : Lüftungstechnische Möglichkeiten zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere vor gesundheitsschädlichen Luftverunreinigungen. AID 1969
47. Nußhag, W. : Hygiene der Haustiere. 2. Auflage 1957 Verlag S. Hirzel, Leipzig
48. Ober, J. : Lüftungsanlagen für Viehställe dlz 21 (1970) : 692
49. Ober, J. : Stallklima - eine Bauaufgabe und ein Lüftungsproblem. Bauen auf dem Lande 19 (1968) : 226
50. Ober, J. : Stallbau in : Tierproduktion Bogner/Ritter Ulmers Taschenhandbücher 1976
51. Ohl, R. : Luftfeuchtigkeit, Tiergesundheit und -haltung in richtigem Zusammenhang. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 63 (1954) : 329
52. Petersen, W. H. : Das nutztiergerechte Stallklima

- und seine energiesparende Regelung. Bauen auf dem Lande
25 (1974) : 111
53. Pflug, R. : Anpassung von Stallsystemen an den Verhaltensablauf bei Milchkühen als Voraussetzung für höhere Leistung
Der Tierzüchter 25 (1975) : 211
54. Plambeck, H. : Frischluft rein - verbrauchte Stallluft raus. Die Wirtschaftl. Veredelungsproduktion 3/1979 : 11
55. Rehrl, K. : Das Stallklima. Der fortschrittliche Landwirt Heft 15/1974 : 282
56. Rentschler, W. : Physik für Naturwissenschaftler
Uni-Taschenbücher 86 1972 Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
57. Rist, M. : Stallklimagegestaltung. 1. Gumpensteiner Bautagung 1976
58. Seilnacht, W. : Das Bauen in der Landwirtschaft
Verlag O. Maier, Ravensburg 1950
59. Shaw und : zitiert nach Adam und Andreae (1)
Messer
60. Simon, K. H. : Vorschlag eines einheitlichen Versuchsprogramms für Klimamessungen in industriemäßig arbeitenden Anlagen der Tierproduktion
Wiss. Z. Uni. Rostock, Math. Nat. wiss. R. 25 (1976) : 485
61. Skorohodko : zitiert nach Adam und Andreae (1)

62. Sommer, H., : Tierhygiene. Uni Taschenbücher 514
Greuel, E. und 1976 Verlag Eugen Ulmer Stutt-
Müller, W. gart
63. Schirz, A. : Stallklima und Geruchsbelästigung
KTBL-Schriften Vertrieb Hilstrup
1973
64. Schmidt, J., : Züchtung, Ernährung und Haltung der
landwirtschaftlichen Haustiere
Verlag Paul Parey Berlin 1953
65. Schöbesch, O. : Technopathien als Folge von Massen-
tierhaltung. Tierärztl. Umschau
28 (1971) : 427
66. Staatl. Landwirt- : Landwirtschaftliche Bodenkunde
schaftl. Bauberatung
in Bayern
67. Bundesministerium für : Statistisches Jahrbuch über Er-
Ernährung, Landwirt- nährung
schaft und Forsten
68. Stephan, E. : Anforderungen der produzierenden
Haustiere an die Umwelt unter
Berücksichtigung von Leistung und
Gesundheit. in: Tierhaltungslehre
von Comberg, Verlag Ulmer Stutt-
gart 1974
69. Stietenroth, K. : Bioklimatische Fragen bei Stallungen
- ihre Anwendung in der Praxis
World Review of Animal Production
1965

70. Tagebuch des Wetter- : Wetteramt Nürnberg 1979 bis
amtes Nürnberg 1980
71. Terplan, G. und : Zur Beurteilung von Kuhställen in
Wiesner, H.-U. Hinblick auf die Hygiene der Milch-
gewinnung. Archiv für Lebens-
mittelhygiene Nr. 7 (1971) : 158
72. Tichy, F. : Geologische Karte, Blatt Erlangen
und Forchheim
73. Tierschutzgesetz : Bundesgesetzblatt Nr. 74 1972
74. Wander, J.-F. : Handbuch der tierischen Veredelung
1977. Verlag H. Kamlage, Osnabrück
75. Wolfermann, H. F. und : Stallklima und Stalllüftung
Weghe, H. v. d. AID 255 Neuauflage 1977
76. Wolfhard, H.-J. : Stallklimatische Untersuchungen in
alten und neuen Rinder- und Schwei-
nestallungen des Landkreises Mos-
bach. Vet. med. Diss. München 1967
77. Zeeb, K. : Klima-Wahlverhalten bei Rindern
Tierärztl. Umschau 33 (1978) : 685
78. Zeisig : zitiert nach Koller (37)
79. Zrno, J. A. : Einrichtungen für die Stall-Lüf-
tung. Allgäuer Bauernblatt 38
(1970) : 44
80. Zrno, J. A. : Stalllüftungs-Einrichtungen und
ihre Bestimmungsfaktoren. Bauen
auf dem Lande 20 (1969) : 307

81. Zrno, J. A. und Jarnik, J. : Die Lüftung von Ställen ohne
Bergeraum für große Tierbestände
Bauen auf dem Lande
19 (1968) : 230

Tafel Nr. 1 Ställe Gruppe A

Stall-Nr.	Baujahr	Stall- richtung	Wand- material	Wand- dicke cm	Decken- material	Decken- höhe in m	Bodenfläche in qm	Stallraum in cbm	GVE	cbm/GVE	Tierlager	Auf- stallung	Einstreuen
1	1960	N-S	Z	30	Z	2,93	132,50	388,20	22	17,60	S	M	ja
4	1973	O-W	P	30	A	3,40	470,80	1567,76	56	28,00	B	BL	nein
5	1971	O-W	Hi	15	A	3,30	300,00	962,88	35	27,50	S	K	ja
6	1971	O-W	Z	42	B	2,71	183,75	488,93	20	24,50	G	K	nein
7	1970	O-W	Z	45	E	2,90	214,00	609,97	35	17,40	G	K	nein
8	1954	O-W	Z	32	A	2,70	221,65	592,91	21	28,20	H	M	nein
9	1963	O-W	Z	30	Bi	2,92	143,50	393,48	28	14,10	S	M	ja
10	1930	O-W	Z	30	B	2,35	87,26	195,65	20	9,80	Z	M	ja
12	1965	O-W	Z	40	A	2,50	109,71	267,93	20	13,40	S	M	ja
15	1973	N-S	E	20	A	2,95	525,00	1584,75	48	32,30	S	BL	nein
17	1967	N-S	Z	36	A	2,94	236,42	647,00	38	17,00	S	K	ja
18	1970	O-W	Z	30	Bi	2,80	150,00	420,00	31	13,60	S	K	ja
19	1976	O-W	Z	36	H	3,40	188,00	651,58	28	23,30	G	K	nein
20	1925/68	N-S	Z	40	Z	2,40	135,42	325,00	20	16,30	S	K	ja
21	1949	N-S	Z	46	Bi	2,66	218,70	571,35	31	18,40	G	K	nein
22	1966	O-W	Z	38	Bi	2,85	159,00	448,38	25	17,90	S	K	ja
23	1955	N-S	Z	36	Bi	2,85	135,80	387,03	20	19,40	S	M	ja
29	1972/78	NO-SW	Z	38/30	A	2,70	232,83	658,20	39	16,80	G	K	nein

Tafel Nr. 1 (Fortsetzung) Ställe Gruppe A

Stall-Nr.	Fenster- zahl	Richtung der Haupt- fensterfront	Fenster qm	Fenster- einbauhöhe cm v. d. D.	FF/BF	Türenzahl	Florenz- zahl	Lüftungs- art	Schacht- höhe in m	Schacht- durchm. in cm	Milch Durchschn. kg	Fett %	Protein %	Herdbuch- betrieb
1	13	W	12,87	38	1/10	3	-	1 VUD	12	80	5100	4,50	3,70	ja
4	31	S	24,84	15	1/19	2	2	7 VGD	-	-	4790	4,18	3,34	ja
5	32	N/S	17,60	52	1/17	4	2	3 VUD	-	-	4000	4,00	3,30	nein
6	14	S	11,20	52	1/16	5	2	2 VUD	-	-	4000	4,00	3,30	nein
7	15	N/S	8,10	20	1/26	2	2	4 VUD	-	-	5100	3,98	3,40	ja
8	17	S	10,88	40	1/20	6	2	2 VUD	-	-	5000	3,90	3,20	nein
9	10	W	8,00	42	1/18	3	2	1 Vsch	8	80	4000	4,00	?	nein
10	8	N/S	2,34	20	1/37	2	-	1 Vsch	12	60	?	4,20	3,20	ja
12	11	S	5,94	50	1/19	5	2	2 VUD	-	-	5324	4,29	3,44	ja
15	33	O/W	16,50	50	1/32	4	4	3 VUD	-	-	4300	3,50	3,20	ja
17	16	O	14,70	50	1/16	2	2	2 VUD	-	-	5890	4,13	3,60	ja
18	9	N/O/S	8,55	20	1/18	2	2	1 VUD	-	-	5266	4,30	3,41	ja
19	10	N	8,10	70	1/23	1	2	1 VUD	-	-	4700	3,98	3,12	ja
20	6	N	4,32	23	1/31	4	1	2 VUD	-	-	5400	4,12	3,43	ja
21	18	W/O	14,24	34	1/15	3	1	1 Vsch	8	55	4800	3,99	3,41	ja
22	10	S	7,60	10	1/21	3	2	1 VUD	-	-	5200	3,70	3,20	ja
23	11	O	8,36	22	1/16	4	-	1 VUD	-	-	5200	3,80	3,30	ja
29	12	SO	9,27	-	1/25	4	2	3 VUD	-	-	?	3,90	3,40	nein

Tafel Nr. 2 Ställe Gruppe A

Fr ü h j a h r																S o m m e r															
Stall-Nr.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.															
1	+13	+16	62	64	0,10	4	6,9	0,125	+28	+27	46	60	0,10	3	3,8	0,250															
4	+12	+16	84	90	0,20	5	7,9	0,215	+23	+25	60	62	0,04	3	3,6	0,080															
5	+12	+19	84	82	0,10	4	5,0	0,046	+23	+24	60	74	0,10	8	5,3	0,316															
6	+11	+17	86	90	0,25	5	6,2	0,089	+17	+20	66	68	0,08	3	7,0	0,320															
7	+13	+16	82	86	0,15	3	7,4	0,163	+17	+19	66	64	0,04	5	8,2	0,305															
8	+11	+15	72	74	0,15	5	8,0	0,185	+28	+25	94	80	-	-	9,5	2,190															
9	+17	+19	84	84	0,10	2	7,3	0,296	+22	+25	56	60	-	-	5,2	0,401															
10	+11	+18	72	88	0,20	5	5,5	0,082	+21	+24	60	64	0,15	5	5,4	0,338															
12	+12	+16	72	78	0,18	5	6,9	0,093	+22	+23	65	75	0,15	2	4,5	0,112															
15	+11	+16	76	90	0,25	8	5,7	-	+21	+23	60	72	0,15	5	5,5	0,269															
17	+17	+19	74	86	0,16	12	7,0	0,250	+21	+23	59	62	0,08	6	6,4	0,471															
18	+13	+18	62	76	0,15	5	6,8	0,165	+23	+25	58	62	0,06	3	5,0	0,345															
19	+14	+18	76	80	0,15	5	6,4	0,104	+20	+22	60	74	0,13	6	5,1	0,145															
20	+17	+20	66	70	0,08	3	6,2	0,195	+20	+22	52	60	0,10	4	4,9	0,167															
21	+17	+19	66	68	0,04	3	8,7	0,400	+25	+22	68	70	0,08	2	6,6	0,408															
22	+15	+17	76	80	0,17	4	6,6	0,121	+28	+27	46	50	0,10	1	7,2	1,790															
23	+13	+18	76	82	0,15	5	6,2	0,150	+20	+21	70	70	0,04	4	7,2	0,354															
29	+16	+19	66	62	0,03	3	6,7	0,210	+21	+21	64	62	0,04	3	6,5	0,301															

Tafel Nr. 2 (Fortsetzung) Ställe Gruppe A

Stall-Nr.	H e r b s t						W i n t e r									
	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.
1	+7	+15	68	72	0,15	7	4,9	-	-3	+10	66	74	0,13	8	9,0	0,122
4	+7	+14	80	88	0,18	5	8,1	0,160	-5	+12	66	88	0,25	10	9,4	0,212
5	+7	+15	80	94	0,20	6	5,3	-	-5	+14	66	90	0,23	10	5,1	-
6	+6	+15	82	84	0,15	3	8,1	0,196	-6	+15	64	88	0,20	6	7,5	0,139
7	+8	+14	78	80	0,15	4	8,5	0,197	-7	+14	64	72	0,20	5	8,2	0,169
8	+5	+15	94	72	0,15	5	6,7	0,080	-3	+12	66	98	0,20	10	6,3	-
9	+5	+16	94	84	0,18	6	6,7	0,091	-7	+11	88	92	0,18	8	7,5	0,055
10	+6	+14	90	92	0,25	8	7,4	0,105	-3	+12	88	94	0,25	8	8,1	0,108
12	+8	+16	80	84	0,18	6	6,7	0,102	+0	+14	74	96	0,25	10	7,0	0,077
15	+7	+16	78	84	0,18	5	7,7	0,194	-6	+15	67	98	0,40	18	4,9	-
17	+5	+15	84	94	0,15	10	7,2	0,116	-3	+13	66	90	0,23	10	7,3	0,061
18	+7	+15	77	94	0,20	10	7,0	0,100	-3	+13	66	82	0,20	15	7,1	0,066
19	+5	+18	94	90	0,25	10	5,2	-	-3	+15	66	92	0,35	8	6,6	0,055
20	+6	+17	80	82	0,15	5	6,8	0,140	-3	+12	66	74	0,13	5	8,5	0,135
21	+8	+16	74	79	0,08	3	7,5	0,172	-3	+15	72	80	0,10	5	7,0	0,125
22	+5	+15	94	80	0,10	2	7,6	0,148	-7	+8	88	94	0,10	3	9,1	0,090
23	+6	+14	94	86	0,15	5	7,2	0,091	-6	+8	88	92	0,20	6	8,9	0,080
29	+8	+12	76	78	0,10	4	8,9	0,166	-5	+9	80	82	0,15	5	8,5	0,076

Stall-Nr.	Baujahr	Stall- richtung	Wand- material	Wand- dicke cm	Decken- material	Decken- höhe in m	Bodenfläche in qm	Stallraum in cbm	GVE	cbm/GVE	Tierlager	Auf- stallung	Einstreuen
2	1970	N-S	H	10	H	4,50	238,40	867,39	29	29,90	H	K	nein
3	1957	O-W	Z	38	B	2,77	145,50	397,18	24	16,50	H	K	nein
11	1967	O-W	H	22	Sy	4,00	270,00	772,20	35	22,10	B	BL	nein
13	1957	N-S	Z	36	Z	2,70	67,56	182,41	20	9,10	H	M	nein
14	1969	O-W	Z	36	Z	2,60	116,42	302,70	32	9,50	B	M	nein
16	1955	O-W	Z	40	Z	2,40	145,20	348,48	20	17,40	H	K	nein
24	1870	O-W	Sa	30	H	2,50	146,54	366,35	21	17,50	S	K	ja
25	1965	N-S	Z	36	Bi	2,70	179,82	468,99	25	18,80	S	K	ja
26	1977	O-W	Z	30	Z	3,10	285,60	871,08	36	24,20	G	K	nein
27	1969	O-W	Z	32	Z	2,72	147,20	394,62	17	23,20	G	K	nein
28	1952	O-W	Z	43	Z	2,70	79,92	209,86	15	14,00	Z	M	ja
30	1959	O-W	Z	36	Bi	2,83	98,96	226,21	20	11,30	Z	M	ja
31	1965	O-W	Z	36	A	2,47	210,40	519,69	26	20,00	H	K	nein
32	1952	N-S	P	38	Z	2,65	111,94	296,64	20	14,80	B	M	ja

Tafel Nr. 3 (Fortsetzung) Ställe Gruppe B

Stall-Nr.	Fenster- zahl	Richtung der Haupt- fensterfront	Fenster qm	Fenster- einbauhöhe cm v. d. D.	FF/BF	Türenzahl	Lüftungs- art	Schacht- höhe in m	Schacht- durchm. in cm	Milch Durchschn. kg	Fett %	Protein %	Herdbuch- betrieb
2	30	O/W	19,80	20	1/12	4	F	-	-	3400	3,80	3,40	ja
3	10	N/S	5,60	30	1/26	3	Sch	8	40	?	?	?	nein
11	24	N/S	10,80	0	1/25	4	Fe	-	-	5200	4,20	3,50	ja
13	9	O/W	5,67	24	1/12	5	Sch	10	80	-	-	-	-
14	10	S	6,30	20	1/18	1	Sch	6	70	-	-	-	-
16	4	O	4,10	0	1/35	2	Fe	-	-	6022	4,17	3,36	ja
24	8	S	6,88	20	1/21	3	Sch	8	45/50	4000	3,94	3,42	nein
25	14	W	6,72	56	1/27	5	Sch	9	50	4200	?	?	nein
26	12	N/S	11,88	30	1/24	3	Sch	8	50	4000	3,80	3,20	nein
27	10	N	6,00	40	1/25	2	Sch	8	50/60	5850	3,90	3,30	ja
28	8	N/S	4,48	20	1/18	2	Sch	4	40	5400	4,25	3,54	ja
30	9	N	6,93	31	1/14	2	Sch	8	45/50	5400	4,00	3,500	ja
31	11	N	8,85	32	1/24	3	Sch	6	60	5300	4,10	3,35	ja
32	9	O/W	6,84	23	1/16	4	Sch	6	45/50	4500	3,99	?	nein

Tafel Nr. 4 Ställe Gruppe B

Stall-Nr.	Fr ü h j a h r					S o m m e r										
	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.
2	+11	+15	72	68	0,15	5	7,0	0,100	+21	+22	60	63	0,06	3	6,0	0,286
3	+10	+15	84	88	0,25	8	6,4	0,061	+17	+19	68	68	0,15	6	7,3	0,296
11	+10	+14	72	74	0,15	3	8,5	0,197	+17	+19	66	68	0,15	5	5,4	0,119
13	+10	+15	74	80	0,20	5	6,1	0,047	+21	+24	60	68	0,14	5	4,5	0,160
14	+10	+13	74	76	0,18	3	8,0	0,123	+21	+21	60	66	0,04	3	5,6	0,164
16	+10	+15	76	90	0,20	8	7,5	0,139	+21	+23	64	66	0,06	7	6,6	0,523
24	+14	+19	80	86	0,20	6	5,4	0,075	+21	+21	72	72	0,06	-	6,5	0,301
25	+12	+15	78	80	0,15	5	7,6	0,148	+21	+23	60	70	0,10	2	5,0	0,182
26	+14	+16	78	80	0,10	3	7,4	0,163	+19	+20	64	69	0,05	3	6,0	0,168
27	+16	+20	68	72	0,06	4	5,7	0,128	+20	+23	66	70	0,04	3	5,2	0,217
28	+16	+20	68	70	0,08	4	5,5	0,102	+21	+22	60	63	0,06	3	5,1	0,105
30	+16	+18	66	66	0,06	4	7,5	0,264	+21	+22	64	66	0,06	3	5,4	0,187
31	+15	+19	64	70	0,10	5	6,4	0,237	+19	+21	66	68	0,04	5	6,2	0,252
32	+16	+19	66	70	0,15	5	6,4	0,237	+19	+20	66	66	0,06	-	7,5	0,326

Tafel Nr. 4 (Fortsetzung) Ställe Gruppe B

Stall-Nr.	H e r b s t										W i n t e r									
	°C	°C	Rel. Feuchte	Rel. Feuchte	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft-bewegung m/sec.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft-bewegung m/sec.				
2	+6	+16	78	61	0,10	5	6,5	0,087	-5	+12	68	72	0,15	5	7,6	0,060				
3	+9	+15	68	74	0,15	6	9,1	0,311	-9	+11	66	78	0,30	8	8,5	0,112				
11	+7	+13	70	74	0,20	5	7,9	0,116	-2	+12	80	80	0,18	5	8,5	0,135				
13	+9	+16	80	86	0,25	8	7,5	0,172	-3	+13	66	76	0,20	6	7,5	0,090				
14	+9	+14	80	82	0,18	5	7,2	0,091	-3	+11	66	74	0,15	5	8,9	0,138				
16	+5	+12	78	85	0,20	6	9,0	0,174	-9	+9	68	92	0,25	6	6,8	-				
24	+7	+16	80	84	0,20	6	6,3	0,073	-6	+11	80	92	0,25	6	7,5	0,055				
25	+6	+14	80	84	0,15	8	7,0	0,077	-5	+12	74	79	0,20	5	8,6	0,143				
26	+9	+14	78	82	0,10	5	7,2	0,091	-9	+10	70	77	0,20	6	7,4	-				
27	+8	+13	76	80	0,10	4	8,0	0,123	-5	+12	80	84	0,15	5	7,3	0,061				
28	+8	+12	76	78	0,10	4	8,3	0,124	-5	+11	80	83	0,10	4	8,4	0,106				
30	+8	+11	76	77	0,10	3	9,2	0,161	-5	+10	80	82	0,10	4	8,9	0,116				
31	+6	+11	80	84	0,20	4	8,0	0,082	-3	+15	84	90	0,30	5	5,4	-				
32	+6	+15	80	84	0,15	5	8,3	0,217	-3	+13	84	92	0,23	6	7,1	0,066				

Tafel Nr. 5 Ställe Gruppe C

Stall-Nr.	Baujahr	Stall- richtung	Wand- material	Wand- dicke cm	Decken- material	Decken- höhe in m	Bodenfläche in qm	Stallraum in cbm	GVE	cbm/GVE	Tierlager	Auf- stallung	Einstreuen
33	1978	N-S	Z	36	Sy	3,28	359,90	1180,47	47	25,10	G	K	nein
34	1976	N-S	Z	36	Sy	3,10	772,40	2366,54	77	30,10	B	LB	nein
35	1980	N-S	L	38	Bi	3,26	219,48	693,74	35	19,80	G	K	nein
36	1936/74	O-W	Z	30	Sy	3,16	534,45	1539,17	43	35,80	G	M	nein
37	1899	N-S	Sa	45	Bi	2,56	290,37	835,57	30	27,80	S	K	ja
38	1979	N-S	P	30	B	3,40	159,14	530,79	20	26,50	S	M	ja
39	1977	NO-SW	Z	30	B	3,28	204,33	603,10	34	17,70	S	K	nein
40	1977	N-S	Z	36	H	2,77	111,00	307,47	22	14,00	B	BL	nein
41	1965	O-W	Bi	30	Sy	2,90	214,20	614,16	30	20,50	H	K	nein
42	1979	O-W	P	36	Bi	2,80	314,30	869,98	30	29,00	G	M	nein
43	1979	O-W	Z	36	P	3,15	403,55	1256,13	52	24,20	S	M	nein
44	1965	NW-SO	Z	40	Bi	2,54	251,50	631,14	33	19,10	G	K	nein
45	1903	N-S	Bi	36	Hi	2,60	90,90	236,34	14	16,90	S	K	ja
46	1968/73	N-S	Z	36	H	2,70	100,57	271,54	20	13,60	B	BL	nein
47	1954	O-W	Z	40	A	2,56	203,22	503,99	26	19,40	H	K	nein
48	1978	NO-SW	Z	42	Z	2,95	123,00	353,25	17	20,78	S	K	ja

Tafel Nr. 5 (Fortsetzung) Ställe Gruppe C

Stall-Nr.	Fenster- zahl	Richtung der Haupt- fensterfront	Fenster- qm	Fenster- einbauhöhe cm v. d. D.	FF/BF	Türenzahl	Torezahl	Zahl EL	Richtung EL	Rohre Durchm.	EL/GVE	Milch Durchschn. kg	Fett %	Protein %	Herdbuch- betrieb
33	16	O	14,96	13	1/24	3	1	44	N/W/O	15	0,94	?	?	?	nein
34	30	O/W	27,00	63	1/29	11	3	79	O/W	15	1,03	4800	3,90	3,50	nein
35	8	W	7,65	73	1/29	4	2	53	W/N	15	1,51	-	-	-	nein
36	20	N/S	19,80	57	1/19	4	2	44	N/S	15	1,02	5700	3,99	3,41	ja
37	13	O/W	10,80	56	1/27	2	1	65	O/N	15	2,16	4000	4,27	3,61	nein
38	8	S	4,48	0	1/36	3	2	56	S	15	2,80	?	4,00	?	nein
39	21	O/W	13,28	90	1/80	4	3	70	ringsum	15	2,06	?	4,00	3,32	nein
40	6	W	5,94	27	1/19	1	1	35	ringsum	15	1,75	-	-	-	-
41	6	N/S	13,50	20	1/16	3	2	57	N/W/S	15	1,90	4200	3,95	3,45	ja
42	18	N/S	9,95	76	1/32	3	2	80	N/O/S	15	2,67	4500	4,00	3,40	nein
43	22	N/S	17,82	98	1/23	4	2	96	N/S	15	1,85	4900	3,90	3,40	ja
44	18	SW	16,20	30	1/16	8	2	42	SW	15	1,27	4500	4,00	3,30	ja
45	6	O/W	3,90	60	1/23	2	1	18	O/W	15	1,29	6280	4,45	3,53	ja
46	7	W	4,76	28	1/21	2	-	26	N/O/S	15	1,30	-	-	-	-
47	12	N/S	9,68	21	1/21	4	2	35	N/S	15	1,35	5500	4,00	3,40	ja
48	9	SO	6,76	52	1/18	4	1	39	NO	10	2,29	5000	3,90	3,30	nein

Tafel Nr. 6 Ställe Gruppe C

Fr ü h j a h r

S o m m e r

Stall-Nr.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.
33	+17	+19	66	70	0,06	3	8,5	0,510	+22	+20	60	66	0,13	5	6,5	0,235
34	+17	+20	66	70	0,10	4	7,6	0,425	+22	+19	60	67	0,10	4	6,3	0,162
35	+13	+15	62	64	0,12	5	6,5	0,066	+28	+27	46	74	0,17	3	2,9	0,070
36	+13	+15	62	78	0,10	8	6,4	0,061	+20	+21	72	72	0,08	5	6,5	0,301
37									+17	+20	85	81	0,04	2	6,2	0,195
38	+12	+18	84	74	0,08	2	6,3	0,125	+20	+26	60	64	-	-	5,5	0,655
39	+17	+20	66	66	0,08	5	6,7	0,269	+20	+23	60	62	-	-	6,2	0,422
40	+17	+19	66	68	0,10	4	6,5	0,184	+22	+23	60	74	0,08	4	4,7	0,138
41	+16	+20	80	78	0,08	2	6,1	0,181	+25	+25	56	62	0,06	2	5,5	0,484
42	+11	+14	72	76	0,10	4	8,4	0,188	+21	+21	60	61	0,04	2	6,6	0,320
43	+12	+16	74	78	0,15	6	6,6	0,095	+21	+24	60	64	0,06	3	5,5	0,360
44	+11	+15	75	76	0,10	2	8,2	0,206	+23	+24	68	70	0,08	4	4,4	0,144
45	+11	+18	76	82	0,15	6	6,0	0,097								
46	+11	+16	76	80	0,10	4	6,9	0,117	+21	+23	60	66	0,04	2	4,9	0,167
47	+16	+19	66	72	0,04	4	5,7	0,100	+21	+24	60	62	0,04	-	5,4	0,338
48	+12	+16	77	80	0,08	4	7,4	0,163	+19	+19	64	70	0,06	4	7,0	0,250

Tafel Nr. 6 (Fortsetzung) Ställe Gruppe C

Stall-Nr.	Herbst								Winter							
	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.	Äußertemp. °C	Stalltemp. °C	Rel. Feuchte Außen in %	Rel. Feuchte Stall in %	CO ₂ Vol.-%	NH ₃ ppm	AKG	Luft- bewegung m/sec.
33	+5	+17	94	76	0,15	3	6,5	0,112	-3	+12	66	83	0,15	5	7,7	0,083
34	+5	+16	94	80	0,15	5	7,0	0,125	-3	+8	66	70	0,10	5	10,2	0,156
35	+5	+15	94	84	0,13	4	7,4	0,131	-4	+13	66	60	0,14	7	9,5	0,261
36	+8	+16	80	86	0,15	6	6,9	0,117	-3	+12	66	94	0,20	13	7,6	0,077
37																
38	+0	+16	96	90	0,23	8	6,0	0,054	-7	+12	88	94	0,22	10	7,6	0,077
39	+0	+17	96	84	0,15	5	6,1	0,081	-7	+14	88	90	0,15	6	7,9	0,143
40	+0	+16	96	88	0,15	6	7,1	0,134	-7	+12	88	86	0,10	5	8,0	0,101
41	+6	+15	78	78	0,09	1	6,1	0,047	-6	+13	66	80	0,27	3	7,3	0,078
42	+6	+14	78	82	0,15	4	5,1	-	-5	+14	68	76	0,20	5	7,8	0,135
43	+6	+13	80	94	0,17	7	7,2	0,072	-6	+11	67	80	0,15	4	9,1	0,152
44	+6	+14	78	74	0,10	3	7,0	0,077	-6	+10	67	86	0,16	10	8,2	0,076
45	+4	+16	82	80	0,14	5	6,5	0,087	-3	+14	84	86	0,20	5	7,4	0,105
46	+4	+15	82	94	0,17	7	6,6	0,073	-3	+13	84	80	0,25	6	6,9	-
47	+8	+16	76	80	0,15	5	7,2	0,144	-5	+12	80	88	0,20	5	6,8	0,061
48	+6	+15	82	88	0,15	5	7,1	0,108	-3	+13	84	88	0,27	6	7,3	0,078

Zu den Abbildungen 9 bis 14

Abb. 9

Außenansicht von Stall Nr. 39 mit Erlanger
Luftlöchern

Abb. 10

Innenansicht von Stall Nr. 39 mit Erlanger
Luftlöchern

Abb. 11

Außenansicht von Stall Nr. 41 mit frisch ein-
gebauten Erlanger Luftlöchern

Abb. 12

Eiszapfen an Erlanger Luftlöchern

Abb. 13

Tauwassertropfen in einer nicht ventilierten
Ecke einer Stalldecke

Abb. 14

Feuchtigkeitsschäden am Mauerwerk eines
Stalles. Nach dem Einbau von nur zwei Erlanger
Luftlöchern ist die Wand abgetrocknet und
kann frisch verputzt werden.



Abb. 9



Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12



Abb. 13



Abb. 14

Abkürzungen

A	= Aluminium
AKG	= Abkühlungsgröße
B	= Beton
BF	= Bodenfläche
Bi	= Bims
BL	= Boxenlaufstall
E	= Eternit
EL	= Erlanger Luftlöcher
F	= First/Fenster-Lüftung
Fe	= Fenster
FF	= Fensterfläche
G	= Gummimatten
GD	= Gleichdruck
GVE	= Großvieheinheit $\hat{=}$ 500 kg Körpergewicht
H	= Holz
Hi	= Heraklit
K	= Kurzstand
L	= Liapor
LB	= Liegeboxenlaufstall
M	= Mittellangstand
MAK	= Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MTK	= Maximale Tierplatzkonzentration
P	= Poroton
ppm	= parts per million
S	= Stallit
Sa	= Sandstein
Sch	= Abzugschacht
Sy	= Styropor
TW	= Tauwasser
UD	= Unterdruck
V	= Ventilator
v. d. D.	= von der Decke
Z	= Ziegel

Am Schluß meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. J. KALICH für die Überlassung des Themas und für die Betreuung recht herzlich zu danken.

Mein Dank gilt besonders Herrn Dr. K. BOLBECHER aus Erlangen, der in seinem Praxisgebiet die "Erlanger Luftlöcher" einführte. Ohne seine Idee wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Herrn Prof. Dr. Dr. OSTERKORN möchte ich herzlich danken für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Für die Betreuung meiner Arbeit während der Erkrankung von Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. J. Kalich möchte ich mich an dieser Stelle bei Herrn Prof. Dr. H. KRÄUSSLICH vielmals bedanken.

Nicht zuletzt gilt mein Dank auch meiner Frau, die mir bei den Schreibarbeiten viel Arbeit abgenommen hat.

LEBENS LAUF

Ulrich Steger

Geburt	9. Februar 1950 in Nürnberg
Eltern	Erika Steger, geborene Kayser Prof. Dr. Günter Steger, Tierarzt
Schulen	1956 Einschulung in Reichenschwand bei Hersbruck 1960 Terra-Santa-College, Nicosia, Zypern 1962 Hans-Sachs-Gymnasium, Nürnberg
Reifeprüfung	19. Juni 1971
Studium	1971 Bauingenieurwesen, Karlsruhe 1972 Agrarbiologie, Hohenheim 1973 Tiermedizin, München
Tierärztliche Prüfung	12. Juni 1980
Bestallung	29. Juli 1980
Eheschließung	1975 mit Christine Wagner, Pianistin

Seit dem 1. Januar 1981 bin ich als
wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig am
Institut für Palaeoanatomie, Domestikations-
forschung und Geschichte der Tiermedizin
der Universität München

